

Ciencia para la sostenibilidad en Galápagos

Editores

W. Tapia

P. Ospina

D. Quiroga

J. A. González

C. Montes



Parque Nacional
GALÁPAGOS
Ecuador

Ciencia para la sostenibilidad en Galápagos:

el papel de la
investigación científica
y tecnológica en el
pasado, presente y futuro
del archipiélago

Editores

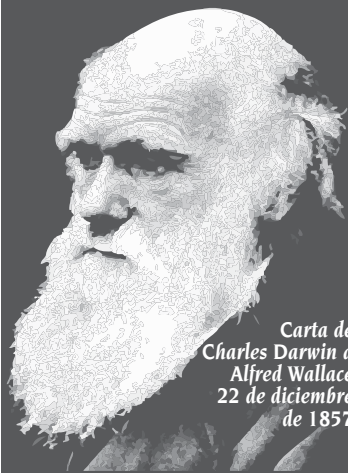
W. Tapia
P. Ospina
D. Quiroga
J. A. González
C. Montes

Colaboradores

E. Araujo
E. Muñoz
M. Piu
G. Reck
T. Santander
J. Rodríguez

*You ask whether I shall discuss
“man”; I think I shall avoid
whole subject, as so surrounded
with prejudices, though I fully
admit that it is the highest &
most interesting problem for the
naturalist*

*Me preguntas si trataré sobre
el “ser humano”; creo que
evitaré todo el tema dado que
está tan rodeado de prejuicios,
pero reconozco totalmente que
constituye el mayor y más
interesante problema para un
naturalista*



**Carta de
Charles Darwin a
Alfred Wallace
22 de diciembre
de 1857**



**Ministerio
del Ambiente**



**Parque Nacional
GALÁPAGOS
Ecuador**



**UNIVERSIDAD ANDINA
SIMÓN BOLÍVAR**
Ecuador



**UNIVERSIDAD
SAN FRANCISCO
DE QUITO**

Citar como:

Tapia W., Ospina P., Quiroga D., González J.A., Montes C.,
(editores) 2009. Ciencia para la sostenibilidad en Galápa-
gos: el papel de la investigación científica y tecnológica en el
pasado, presente y futuro del archipiélago. Parque Nacional
Galápagos. Universidad Andina Simón Bolívar, Universidad
Autónoma de Madrid y Universidad San Francisco de Quito.
Quito. 2009.

Parque Nacional Galápagos

Av. Charles Darwin s/n. Puerto Ayora, Galápagos-Ecuador.

T.: (593 5) 2527410, 2527411. Fax (593 5) 2526511

png@spng.org.ec. www.galapagospark.org

ISBN: 9978-92-719

Universidad Andina Simón Bolívar, Sede Ecuador

Toledo N22-80. Apartado postal: 17-12-569 Quito-Ecuador.

T.: (593 2) 3228085, 2993600. Fax: (593 2) 3228426.

uasb@uasb.edu.ec, www.uasb.edu.ec

ISBN: 978-9978-19-225-2

Universidad Autónoma de Madrid

Campus Universitario de Cantoblanco,
28049-Madrid, España.

T.: (34) 914975100, www.uam.es

Universidad San Francisco de Quito

Campus Cumbayá: Diego de Robles y Pampite s/n

T.: (593 2) 2971700. www.usfq.edu.ec

Este libro es el resultado final del proyecto denominado
"Ciencia para la sostenibilidad en Galápagos: diseño de una
estrategia y agenda de investigación para la conservación de
la biodiversidad y el desarrollo sostenible del archipiélago
desde la integración de las ciencias sociales y las ciencias
biofísicas", financiado por la Agencia Española de Coopera-
ción Internacional para el Desarrollo (AECID) a través de su
Programa de Cooperación Interuniversitaria
(PCI-Iberoamérica: A/011702/07).



**MINISTERIO
DE ASUNTOS EXTERIORES
Y DE COOPERACIÓN**



Prólogo

El conocimiento científico es básico para guiar los procesos de toma de decisiones y orientar las acciones de manejo prioritarias a desarrollar, siendo una de las principales claves que determina el éxito o el fracaso en el manejo de las áreas protegidas. En el caso particular de Galápagos, disponer del mejor conocimiento científico posible resulta esencial para poder lograr un adecuado manejo tanto del Parque Nacional y la Reserva Marina, como del archipiélago en su conjunto, tal como se recoge en el actual Plan de Manejo del PNG.

Sólo a través de una investigación científica sólida y bien articulada se puede profundizar en el conocimiento de los componentes naturales y socioeconómicos de un territorio; así como de sus interrelaciones y los

efectos de estas en la sostenibilidad futura, especialmente en el actual contexto de cambios acelerados e incertidumbre que caracterizan al mundo en general y al archipiélago en particular.

Sin embargo, considerando que por un lado el mundo de la investigación es muy amplio y por otro que los recursos económicos para desarrollarse siempre son escasos, es necesario establecer prioridades claras sobre los temas a ser investigados, teniendo como premisa fundamental que los resultados de los proyectos científicos contribuyan eficaz y efectivamente a solucionar problemas de manejo, especialmente en el momento actual que el archipiélago ha sido incluido en la lista de patrimonios en peligro de la UNESCO. Galápagos necesita dar solución a una serie de problemas urgentes, muchos de los cuales tienen su respuesta en la investigación científica; sobre cuya base se espera poder tomar decisiones de manejo sólidas para garantizar la conservación de la integridad ecológica y la biodiversidad del archipiélago, asegurando, a la vez, elevados niveles de bienestar para la población local.

Este año, cuando se conmemoran los 50 años de creación del Parque Nacional Galápagos como el primer Parque Nacional del Ecuador, y los 200 años del nacimiento de Charles Darwin, probablemente el científico más famoso de cuantos hayan visitado las islas, resulta particularmente idóneo para analizar la valiosa investigación realizada en Galápagos hasta la fecha y, sobre esa base, proponer nuevas prioridades que permitan afrontar los retos del futuro. En ese contexto, la colección de artículos que conforman este libro es muy relevante y sin duda servirá de gran ayuda y orientación no sólo para el PNG sino para las instituciones nacionales e internacionales que se dedican a la investigación científica en Galápagos.

Finalmente, estoy convencido que esta herramienta permitirá mejorar e incrementar los vínculos entre la investigación y el manejo, relación que es fundamental para poder abordar los problemas de conservación del archipiélago y así lograr el mejor modelo posible de sustentabilidad.

Edgar Muñoz
Director
Parque Nacional Galápagos

Introducción	9
Capítulo 1 Galápagos, laboratorio natural de la evolución: una aproximación histórica Diego Quiroga	13
Capítulo 2 Tendencias de la investigación científica en Galápagos y sus implicaciones para el manejo del archipiélago Tatiana Santander, José A. González, Washington Tapia, Eddy Araujo y Carlos Montes	65
Capítulo 3 Percepciones sociales sobre la ciencia y los científicos en Galápagos Diego Quiroga y Pablo Ospina	109
Capítulo 4 Entendiendo Galápagos como un sistema socioecológico complejo: implicaciones para la investigación científica en el archipiélago Washington Tapia, Pablo Ospina, Diego Quiroga, Günther Reck, José A. González y Carlos Montes	127
Capítulo 5 La investigación científica en las áreas naturales protegidas de Galápagos Washington Tapia, Edgar Muñoz y Mario Piu	141
Capítulo 6 Ciencia para Galápagos: una propuesta de estrategia y agenda de investigaciones prioritarias para la sustentabilidad del archipiélago Washington Tapia, José Rodríguez, Günther Reck, Diego Quiroga, Pablo Ospina, Carlos Montes y José A. González	157

Introducción

Todo libro debe ser juzgado por sus resultados. El esfuerzo intelectual que el lector tiene en sus manos se planteó el reto de hacer una propuesta justificada y coherente de políticas públicas para la promoción de la investigación científica en Galápagos. El punto de partida de este trabajo fue una valoración crítica de los logros y límites de la abundante, importante y valiosa producción científica realizada en el archipiélago. Sin desdeñar el valor de los conocimientos acumulados, somos parte del amplio cauce de opiniones que reclaman un cambio en el eje de las prioridades de la investigación: hay que orientar la producción de conocimientos hacia el objetivo de la sustentabilidad.

Esa nueva prioridad no solo exige cambiar los temas prioritarios de investigación. Exige un nuevo tipo de relación entre los científicos y las comunidades con las que interactúan. Implica inventar nuevos conceptos y audaces teorías para abordar la interacción entre componentes bio-físicos y componentes socio-culturales del territorio. Supone crear nuevas herramientas institucionales para promocionar la investigación y para orientarla hacia las prioridades fijadas participativamente. Reclama la creación de nuevas metodologías para integrar y valorar otras formas

de conocimiento, para reconocer la importancia del debate público en la producción de saberes útiles, para promover un auténtico desarrollo no solo por la aplicación de sus resultados, sino por la forma en que apoya la multiplicación de las capacidades locales. Requiere una desestabilización de viejas certezas anquilosadas para instalarnos en medio de las incertidumbres de un manejo adaptativo e ingenioso de las presiones que sufren los ecosistemas y los cambios sociales revolucionarios que hacen falta para que nuestra sociedad sea digna de las mejores aspiraciones humanas. Necesitamos nuevos saberes y nuevas formas de producirlos, si queremos desbrozar el camino hacia un proyecto que nadie ha logrado en el mundo pero que todos buscamos casi a ciegas: una sociedad sostenible.

Este libro hace algunas propuestas específicas en esa dirección y las justifica de tres maneras. Primero, mediante una lectura de las estadísticas de la producción científica del pasado, en la que quedan claramente establecidas las prioridades que la animaron. Segundo, mediante el análisis de lo que la historia de la producción científica ha dejado como huella en las percepciones y actitudes de la población local, en el que se revela la ambivalencia de una gran desconfianza social mezclada con las expectativas y aspiraciones de superar los desencuentros. Tercero, mediante la propuesta de un intento preliminar por considerar integradamente los desafíos sociales y ambientales de un territorio históricamente abierto a los circuitos económicos, físicos y simbólicos del mundo.

La presentación de las prioridades y esquemas de manejo institucional de la investigación científica para el manejo del Parque Nacional Galápagos, muestra que ya han comenzado los intentos de avanzar en la misma dirección. Estamos lejos de ser los pioneros en la búsqueda de nuevos enfoques y de creativas soluciones a los contemporáneos desafíos de las ciencias en el archipiélago. Este libro es tan solo una modesta expresión de una demanda colectiva más amplia para la que habrá que encontrar variadas respuestas.

El último capítulo resume las propuestas de lineamientos para políticas públicas de investigación científica que derivan de este trabajo colectivo iniciado hace tres años. El capítulo fue el resultado del procesamiento de las investigaciones parciales resumidas en los capítulos anteriores, pero también de un esfuerzo de síntesis de varios talleres de debate in-

terdisciplinario, de una consulta a científicos de todo el mundo y de varias conversaciones con responsables políticos y funcionarios estatales en las islas y el continente. A todos los participantes les agradecemos sus aportes y sus críticas. Ninguno de ellos es responsable de los errores, omisiones y faltas de precisión existentes en esta propuesta.

Por todas estas razones, aspiramos a que este libro sea juzgado no solo por sus resultados, sino también por el proceso intelectual que propició. No es fácil hacer un trabajo colectivo y mucho menos transgredir las disciplinas académicas en las que nos formamos. El diálogo se dificulta no solo por la complejidad de los temas que abordamos y por la pasión que todos ponemos cuando discutimos sobre un territorio que nos importa entrañablemente. Se dificulta también porque aprendimos lenguajes diferentes, porque venimos de tradiciones intelectuales donde las palabras no significan lo mismo, porque nos acostumbramos a dar por sentados ciertos objetivos sociales, ciertos principios filosóficos y ciertas categorías conceptuales que no siempre sabemos poner en cuestión. Tenemos mucho por desaprender si queremos contribuir a inventar una realidad mejor.

Este libro invita a desaprender mucho más que a enseñar. Porque si todos nuestros intentos del pasado han sido insuficientes para lograr en Galápagos el objetivo de una sociedad más justa, humana y sostenible, no solo para los seres humanos, sino para todas las especies con quienes compartimos la tierra, significa que tenemos mucho que cambiar en nuestra forma de entender el mundo y de caminar en él. Desaprender es el primer paso para volver a pensar lo que nos rodea y enfrentar desafíos inesperados. Solo hemos empezado y no tenemos mucho tiempo. Compartir este intento provisional con los lectores para debatirlo con amplitud, es una forma de seguir adelante.

Galápagos, laboratorio natural de la evolución: una aproximación histórica

Diego Quiroga

Desde el punto de vista de la teoría de la evolución, las Galápagos son uno de los lugares más estudiados del mundo. Su fama se basa en gran medida en una de las transformaciones de la cosmovisión occidental más importantes que se dieron durante la época moderna: las teorías de la evolución de Charles Darwin. Es bien conocido e incluso ha sido mitificado el viaje que realizó Darwin al archipiélago y la importancia que tuvieron sus observaciones durante su corta estadía para el desarrollo de sus teorías. Quizás menos conocidas son las visitas de otros muchos y muy respetables científicos, quienes llegaron después de Darwin al archipiélago. Algunos llegaron con el propósito de probar que Darwin estaba en lo correcto, pero otros para demostrar que se había equivocado y que el evolucionismo darwiniano era una visión materialista, secular, atea y errada.

Existen diversos factores físicos, geográficos, oceanográficos y biológicos que hacen que las Galápagos sean tan especiales para los estudios científicos. Entre los factores geográficos más importantes está, en primer lugar, la distancia entre las islas y el continente. Ésta permite a ciertos animales y plantas llegar a las islas, pero los aísla de sus parientes continentales más cercanos. Otro es la distancia que separa a las islas entre ellas; están suficientemente cerca como para ser colonizadas por especies de otras islas, pero también suficientemente distantes para que estas especies, una vez establecidas, permanezcan relativamente aisladas.

Desde el punto de vista de la historia humana el alto nivel de endemismo se debe, en parte, al hecho de no haber sido colonizadas antes de la llegada de los europeos. Por lo tanto, no sufrieron la devastación de la fauna que sufrieron otras islas oceánicas del Pacífico hace más de 3.000 años con el apareamiento de los primeros humanos (Whittaker 1998). Incluso tras la llegada de los europeos las Galápagos no tuvieron colonias permanentes hasta el siglo XIX. Además, existe el factor de la confluencia de corrientes marinas y del fenómeno de El Niño, lo que genera una diversidad de ecosistemas con especies distintas y contrastantes, como corales y pingüinos, o lobos marinos con peces tropicales.

El darwinismo y su idea de la selección natural constituyen uno de los núcleos conceptuales centrales de una red de ideas y teorías, cuya construcción se inicia con la Edad Moderna y en el siglo XV con pensadores como Bacon y Descartes. Este proceso consiste en la secularización de nuestra visión del mundo y la imposición de una visión mecanicista basada en la idea de que la naturaleza puede ser explicada utilizando la razón y la lógica; la física y la química; la estadística y la genética. Es un proceso de desencantamiento de la naturaleza que elimina la fuerza de los espíritus, de Dios y de otros entes supernaturales como causas y explicaciones válidas y necesarias (Botkin 1990). Ésta es una de las principales razones por las cuales, desde sus inicios, el darwinismo fue una amenaza para las ideas religiosas, las cuales mantienen la existencia de un poder espiritual que guía y explica la creación y la existencia de los organismos y el diseño de animales y plantas (Dennet 1996, Dawkins 1996). Antes de Darwin, el mundo natural era estable e inmutable, un mundo amable, un diseño perfecto del Creador. Las especies, por lo tanto, eran también inmutables y no se podía concebir que pudieran transformarse y cambiar.

Doscientos años después del nacimiento de Darwin y ciento cincuenta años después de haber sido publicada su obra maestra *El Origen de las*

Especies, las Galápagos continúan siendo uno de los lugares privilegiados para que científicos de distintas disciplinas estudien los procesos que han transformado la vida y las especies en nuestro planeta. Este artículo es, justamente, un breve recuento de cómo las Galápagos han jugado, y siguen jugando, un papel predominante en la construcción del paradigma moderno sobre los seres vivos y su evolución. Además, es una reflexión sobre la importancia de conservar la viabilidad de los procesos evolutivos que nos permiten confirmar y modificar el modelo darwiniano, como en pocos otros puntos del planeta se puede lograr.

Espanoles, piratas y científicos

No tenemos evidencia arqueológica de asentamientos humanos en Galápagos antes del arribo de los europeos. Si existió algún tipo de contacto entre los europeos y las islas, parece haber sido esporádico y no resultó en ningún tipo de proceso de colonización. Existen versiones, en ciertas narrativas prehispánicas, que hablan del hallazgo de las islas por parte de los habitantes precolombinos. Por ejemplo, en el caso de los Incas se dice que Tupac Yupanki navegó en el océano hasta llegar a islas lejanas. Es difícil asegurar, sin embargo, que se tratasen de las Galápagos. En todo caso, de haber habido visitas precolombinas, no parecen haber existido asentamientos importantes o procesos de colonización de las islas (Latorre 1999). Este hecho tiene importantes implicaciones para el tipo de animales y plantas que se encuentran en las islas. Como Whittaker (1998) y otros han indicado, el proceso de colonización por parte de poblaciones nativas ha resultado en muchos casos devastador para la flora y fauna existente en las islas oceánicas. En las narrativas europeas, el primer relato sobre las islas data de los inicios de la Época Colonial cuando el Obispo de Panamá, Tomás de Berlanga, desesperado, sin viento y empujado por la corriente de Panamá, llegó al archipiélago el 10 de Marzo de 1535 (Latorre 1999). Quería llegar al Perú, donde tenía que mediar en conflictos entre conquistadores. Había sido designado por el Rey para apaciguar las disputas y peleas en las cuales estaban enfrascados Pizarro y Almagro. Sin agua ni alimentos, y por accidente, Berlanga llegó a las Galápagos. En su frustración, al no encontrar qué beber, ni árboles con frutos o alimentos, y luego de haber perdido un hombre y dos caballos comenta:

Pero en toda la isla no pienso que hay donde se pudiese sembrar una hanega de maíz, porque lo más della esta lleno de piedras muy grandes, que parece que algún tiempo llovió Dios piedras; e la tierra que ay es solo escoria sin que sirva, porque no tiene virtud para criar un podo de yerba, sino unos cardones, la oja de los cuales dixe que comíamos.

(Crónica del descubrimiento de las islas Galápagos, por fray Tomás de Berlanga).

Los españoles denominaron galápagos a las tortugas por su similitud con las monturas que usaban para montar sus caballos. Luego, utilizaron ese nombre para referirse a las islas. Después de éstas y similares experiencias y descripciones, a los españoles les dejaron de interesar esas islas lejanas, secas, sin recursos ni gente, a las que ellos consideraban encantadas, misteriosas y fantasmales.

Debido, en parte, al miedo y desprecio que los españoles sentían por ese archipiélago lejano, los corsarios y piratas vieron en las islas un lugar ideal para refugiarse y esconderse. En 1575, Francis Drake fue el primer corsario en atravesar el estrecho de Magallanes e iniciar sus campañas en el Océano Pacífico, que hasta ese momento había sido un mar libre de piratas y corsarios. Los piratas, además, cruzaban el Istmo de Panamá y atacaban y se apoderaban de barcos españoles con los cuales luego depredaban la costa. Mataban y robaban las fortunas que existían en asentamientos costeros como Panamá, Callao y Guayaquil, y se apropiaban de galeones que llevaban las riquezas extraídas de las ricas minas de Potosí y de otros lugares del Virreinato de Perú. Para defender las costas y los barcos en su extenso imperio andino, los españoles fortificaron algunos de los puertos y construyeron en Guayaquil una flotilla denominada “Armada del Mar del Sur”. Este esfuerzo de España y sus colonias obligó a los piratas y corsarios a buscar lugares donde refugiarse, abastecerse de alimentos y agua, y descansar. En Galápagos encontraron un lugar ideal que les ofrecía no solamente un refugio, sino también un centro en el cual aprovisionar sus bodegas. Cazaban, o mejor dicho recolectaban, las enormes tortugas. Éstas podían vivir meses en las bodegas de sus barcos sin agua ni comida.

Nuestra idea estereotipada de los corsarios como aventureros y maleantes, criminales y violadores es más que equivocada, incompleta. Algunos piratas eran gente educada y curiosa que, además de hacer lo que hace un corsario (como robar, matar, violar y engañar), escribía sobre sus aventuras y sus descubrimientos. Algunos eran poetas, dibujantes y cartógra-

fos. Algunos historiadores llaman a éstos los piratas ilustrados (Preston 2004). Muchos estaban al servicio de la Reina o Rey de Inglaterra y apoyaban a esa nación en las cruentas batallas que consolidaron el imperio alrededor del mundo. A Suramérica llegaron algunos que eran verdaderos héroes en sus países de origen, como es el caso del propio Drake. Otros, como Dampier y Cowley, eran escritores y cartógrafos. Había entre ellos también navegantes consagrados. William Dampier fue una figura paradójica, como lo fueron algunos de sus compañeros. Sus recuentos y descripciones de viajes influyeron a Humboldt, quien lo consideraba el mejor escritor sobre viajes de todos los tiempos y a Darwin, quien llevó una copia de su libro en el *Beagle* la cual fue para él una fuente de inspiración y de información. Sus descripciones de la fauna y la geografía de muchos lugares fueron generalmente adecuadas y precisas dentro de las limitaciones de la época (Preston 2004). Siendo el primer “naturalista” en viajar alrededor del mundo, Dampier comparó la fauna y flora que observó en distintos lugares. Fue uno de los primeros británicos en visitar las Galápagos y comentó sobre las tortugas marinas de las islas, a las cuales les llamó bastardas de las tortugas que observó en el Caribe, ya que eran más grandes y con caparazones más gruesos. Notaba ya, muchos años antes de que Darwin naciera, cómo diferencias sutiles entre animales similares determinan variedades geográficas. Como buen corsario, y a diferencia de los piratas, era leal a la corona y a la Reina de Inglaterra. Como parte de la Marina Real llegó a comandar el primer viaje inglés de investigación durante el período de la expansión europea militar y científica. Otro compañero de Dampier, Ambrose Cowley, describió las islas con cierto detalle escribió la primera descripción geológica e hizo los primeros mapas que se conocen sobre las Galápagos. Nombró a las islas de acuerdo a sus intereses como pirata, bautizándolas con los nombres de aquellos nobles ingleses que habían contribuido a la que se consideraba era la noble causa de los corsarios. Otros corsarios de la época también comentaron sobre la existencia de formas extrañas e intrigantes en Galápagos. Uno de ellos fue el corsario Woodes Rogers quien en 1709 se preguntaba cómo pudieron llegar esas enormes criaturas a las islas, una pregunta aparentemente ingenua que luego causaría mucha discusión y debate entre los científicos de los siglos XIX y XX.

Dampier y Cowley habían capturado un barco danés en las costas de África, a pesar de que para ese entonces Dinamarca no era un país con el cual Inglaterra estaba en disputa y por ende no les era permitido atacar dicha embarcación. Llevaba un cargamento de esclavas negras cuya

suerte jamás se ha llegado a conocer. Lo rebautizaron como el Bachelor Delight (la delicia de los solteros). Después de atravesar el estrecho de Magallanes trataron de atacar a barcos y ciudades en la costa, pero no tuvieron mucho éxito pues los españoles ya habían sido alertados de su presencia. Al no poder atacar la parte continental, decidieron refugiarse en las Galápagos, a pesar de que los prisioneros españoles que llevaban con ellos en el barco, aterrados, trataban de disuadirlos. Las islas, según los ibéricos, estaban encantadas. Durante esa época, expediciones en el Océano Pacífico como las del Cap. James Cook habían generado en el público de la época cierto interés en Europa y fueron las bases sobre las cuales se concibe la expedición de Darwin en el M.S. *Beagle*.

La historia de Darwin es bien conocida. Antes del viaje era un adolescente algo perdido y sin un rumbo claro en la vida, proveniente de una familia respetada y adinerada. Había tratado de estudiar medicina, pero le aburría estar metido en cuartos abriendo cadáveres. Tras dos años de intentar convertirse en médico, dejó la carrera para tratar de estudiar teología, la cual tampoco le entusiasmó. Su verdadera pasión era la naturaleza y siempre le interesó el campo. Cazar y recolectar animales eran sus pasatiempos favoritos y en Cambridge, mientras estudiaba para ser sacerdote, dedicaba muchas horas a aprender geología, biología y botánica. Aprendió taxidermia de un negro norteamericano recién liberado de la esclavitud.

Gracias al apoyo de su tío Josiah Wedgwood, miembro de la familia dueña de la famosa fábrica de cerámica, logró convencer a su padre para que le permitiese salir en un viaje alrededor del mundo. El tío utilizó sus influencias para que Darwin se embarcara en el *Beagle*, en un viaje cuyo principal objetivo era el mapeo y la documentación con fines de incrementar el poder geopolítico del poderoso Imperio Inglés en distintos lugares en el mundo, más que nada en la costa suramericana. El capitán del *Beagle*, Robert FitzRoy, un joven inteligente y de carácter difícil, buscaba un acompañante culto con quien compartir las historias y descubrimientos del viaje. Sabía que el anterior capitán del *Beagle* se había suicidado al no soportar la soledad de un viaje largo. Darwin tenía veintidós años cuando inició su viaje que duró cinco años alrededor del mundo. Ya estaba familiarizado con los escritos de Lamarck y Buffon y, por supuesto, con los de su abuelo, Erasmus Darwin. Estos autores de distintas formas habían hecho ya publicaciones sobre evolución y otros temas relacionados. Había leído a Dampier y además de su libro llevaba consigo en el *Beagle* la

descripción de los viajes hechos por Humboldt. Llevaba el primer tomo del libro de Charles Lyell, quien proponía que el proceso de creación de las actuales formas geológicas seguía los mismos principios que podemos observar en el presente, que era lento y continuo, y cuestionaba la idea de que el mundo había sido creado en el año 4004 A.C. o que hubiera sufrido una serie de catástrofes y creaciones sucesivas, como indicaban Cuvier y otros pensadores de ese tiempo. Tanto le interesaban las ideas de este geólogo, quien luego se convertiría en un aliado suyo, que solicitó que le enviaran el segundo tomo a un puerto en América del Sur.

Charles Darwin se dio cuenta, desde muy temprano en su viaje, de lo que denominó la “marca continental”, es decir, que los animales y plantas que viven en islas oceánicas, a pesar de ser diferentes, tienen características que las hacen parecerse a las del continente más cercano. De esta característica de las islas oceánicas se percató tanto en Cabo Verde como en Galápagos. Además de esta similitud entre la parte continental y la insular, notó que, en el caso de archipiélagos que consisten de islas cercanas, pero separadas, los animales y las plantas están de alguna manera emparentados entre sí. Estas observaciones, junto con las realizadas por científicos en Inglaterra una vez que vieron los especímenes que tenía Darwin, serían años más tarde una de las bases para sus ideas sobre la evolución por selección natural.

Antes de llegar a Galápagos, el *Beagle* había pasado muchos meses en las costas sur de Sudamérica, mapeando las costas y estudiando la geografía del lugar. Este tiempo permitió a Darwin observar los fósiles de mamíferos del Pleistoceno, como el megaterio, en Argentina. De los cinco años que duró el viaje, Darwin pasó tres en tierra. Eso se debía en parte a su interés por investigar, pero, además, por ser muy propenso a marearse en cubierta (Aguirre y Venari 2009). En estos constantes y prolongados viajes a tierra, le sorprendió la similitud y las diferencias entre de las formas ancestrales y las modernas (Quammen 2006). También le sorprendió encontrar dos especies de Rea que tenían pequeñas variaciones entre ellas y estaban distribuidas en dos áreas distintas. Después de su regreso, y tras conversar con geólogos en Inglaterra, él se preguntaría por qué los fósiles conectan a formas que en el presente están muy separadas entre ellas. ¿Por qué estaban formas similares distribuidas en áreas geográficas cercanas y no al azar, como parecía sugerir el creacionismo? Si Dios las había creado, ¿por qué había puesto a todas las formas similares en una misma región y no las había distribuido al azar?

En Chile, cruzó los Andes hasta llegar a Mendoza, en Argentina. Al observar los efectos de los terremotos, se dio cuenta de las fuerzas de la naturaleza y especuló que era posible que esas fuerzas fueran las responsables de que existieran fósiles marinos, como la ya extinta ostra gigante y otras bivalvas y gasterópodos a más de 4000 m de altura. (Aguirre- Urreta y Vennari 2009). FitzRoy consideró que las ideas evolucionistas de Darwin eran absurdas. Él, en cambio, buscaba evidencia para probar sus teorías creacionistas y sentía que la verdadera explicación de la existencia de esos fósiles, a esa altura, debía ser el diluvio bíblico. Fueron sus observaciones de las formaciones geológicas y paleontológicas en el continente Sur Americano las que convencieron a Darwin de la importancia de las ideas del uniformitarianismo de Lyell. Al analizar las formas fósiles de Argentina, notó que éstas constituían secuencias a través de los estratos y que los fósiles de los estratos superiores son similares a la fauna del presente. Darwin, al explicar los fósiles argentinos, demuestra tener ya, desde muy temprano en su viaje, un concepto de la profundidad del tiempo y de la duración de los procesos naturales.

Cuando Darwin tenía 26 años, ya casi cuatro años después de su salida y tras haber permanecido un largo periodo principalmente en la costa de la parte sur de Sudamérica, el *Beagle* llegó a las Galápagos. Arribó a San Cristóbal, el 15 de Septiembre de 1835. Su primer desembarco lo realizó cerca de Puerto Baquerizo, en la ensenada hoy día conocida como Tijeretas. Darwin se sorprende del paisaje, el clima y la vegetación, y describe la isla como llena de lava negra y de fisuras. Le impresionan los cientos de peces tropicales, tortugas y tiburones que pululaban en el mar. El *Beagle* compartió la bahía con otro barco ballenero. Era la época en que los barcos balleneros, casi todos del estado norteamericano de Massachusetts, llegaban a Galápagos en busca de cachalotes para extraerles la grasa y fabricar velas con ella. También iban, al igual que antes lo habían hecho los piratas, en busca de tortugas terrestres. Las tortugas poseen una característica que se convirtió en su maldición: pueden permanecer durante un periodo de varios meses en las bodegas de los barcos sin alimentarse. Los balleneros, al igual que los piratas, las guardaban en sus bodegas para consumirlas durante sus largas travesías. Darwin describe lo abundantes que eran las tortugas en las islas, antes y después de su llegada. Durante la época de los balleneros, se capturaron posiblemente más de cien mil tortugas. Las bitácoras de algunos de estos barcos cuentan que cada embarcación capturaba entre 200 a 500 tortugas. Incluso el mismo Darwin y la tripulación del *Beagle* utilizaron las tortugas para alimentarse.

En Floreana, Darwin aprendió del Gobernador de las islas que éstas podrían ser clasificadas según la forma de su caparazón y su sabor. (Hickman 1991, Latorre 1992). Ésta y otra información sobre las islas sería crítica más tarde para la formulación de su teoría. Hoy en día clasificamos las tortugas en 14 especies; tres de ellas (las de Fernandina, Santa Fe y Floreana) están extintas; las dos últimas por la depredación sufrida en manos de piratas, balleneros y colonos. Una, la de Pinta, parece que tiene solamente un sobreviviente, el legendario Solitario Jorge. Cinco de éstas pertenecen a una isla específica cada una (Española, San Cristóbal, Santa Cruz, y Pinzón); mientras que las otras cinco se encuentran en Isabela, donde han evolucionado aisladas por los ríos de lava que separa a los distintos volcanes (Larson 2002).

Darwin estuvo en las Galápagos durante apenas cinco semanas, del 13 de Septiembre al 20 de Octubre, una pequeña fracción de su largo viaje alrededor del mundo. Durante estas pocas semanas que permaneció en las islas, el *Beagle* bordeó gran parte de las islas. Sin embargo, Darwin solamente logró desembarcar en cuatro. Las islas en las cuales realizó visitas largas fueron San Cristóbal (17 al 22 de Septiembre), Floreana (24 al 27 de Septiembre), Isabela (29 septiembre al 2 de octubre) y Santiago (8 al 17 de octubre). Fue en Santiago donde permaneció más tiempo. Desembarcó con el cirujano del barco y tres tripulantes. Le asombró la fauna y sus animales y relata que en esa isla había tantas iguanas terrestres que les fue difícil encontrar un lugar donde poner sus carpas. Le asombraron estas “lagartijas” marinas y su capacidad de sumergirse por más de una hora, una observación que realizó gracias al aporte de un tripulante de la embarcación. Observó que, cuando se lanza al mar una de ellas, inmediatamente regresaba a tierra. Eso indicaba, según él, que a pesar de haber descendido de animales terrestres, habían desarrollado un instinto para protegerse de los tiburones y otros depredadores. Se asombró ante lo amigables que eran los animales y en su libro “The Voyage of the *Beagle*” comenta que un arma es innecesaria, pues se puede empujar a los gavilanes con la escopeta sin que éstos se asusten. Citando los trabajos de Dampier y de Cowley, indica que esos animales debían haber sido antes aún más amigables, pero la persecución humana los había transformado.

En ese tiempo las cartas de navegación eran secretos de estado que permitían a las naciones como Inglaterra dominar los mares y el viaje del *Beagle* era parte del esfuerzo británico por ejercer su control sobre los mares

del mundo. FitzRoy, quien terminó sus días como un cristiano fundamentalista y con fuertes crisis depresivas, realizó un trabajo espectacular de mapeo y de hidrografía. Sus cartas de navegación permitieron que otros científicos visitaran luego el archipiélago.

Cuando Darwin llegó a las islas encontró en Floreana una colonia llamada Asilo de la Paz, formada por entre 200 y 300 personas, algunas reos sentenciados en el continente, entre ellos ochenta soldados que habían sido sentenciados a muerte por haber organizado una rebelión contra la recientemente creada República de Ecuador. El vicegobernador de Floreana, un inglés llamado Mr. Larson, le indicó a Darwin que las tortugas de las distintas islas son diferentes y que podía decir de cual isla venía cada tortuga en base a la forma de su caparazón. Esta observación llevó a Darwin a clasificar las tortugas y los otros especímenes en referencia a las islas donde se las encontraba. Darwin comenta que las tortugas de Hood (Española) tienen caparazones cuya parte frontal apunta hacia arriba, como si fueran una montura española, mientras los de las de Santiago son redondos y más oscuros y éstas, comenta Darwin, saben mejor (Hickman 1991). No todas las especies fueron clasificadas de esta manera y a su regreso a Inglaterra se dio cuenta de su error al no haber clasificado los pinzones en base a dónde los había encontrado. Afortunadamente, algunos de los tripulantes del *Beagle* fueron más cuidadosos y pusieron en algunos de los especímenes su origen. Al contrario de lo que se pensaba antes, y como ha demostrado Frank Sulloway, los pinzones de Galápagos no constituyeron para Darwin la fuente principal de inspiración para el desarrollo de su teoría.

Darwin recolectó de manera laboriosa (como él mismo indica) muchos tipos de especímenes con el fin de poder, en un futuro, determinar a cuál centro de creación estos animales pertenecen, pues algunos mantenían en ese entonces que habían existido varios centros de creación. En la página 611 de su diario, escribe que justo después de llegar a Galápagos:

"I industriously collected all the animals, plants, insects & reptiles from this Island. It will be very interesting to find from future comparison to what district or "center of creation" the organized beings of this archipelago must be attached".

Durante sus seis días en Floreana, Darwin coleccionó plantas, insectos y otros animales, pero todavía lo hacía dentro del marco de la Teología Natural (Otterman 1961). De las 225 especies de plantas que pensaba que había en las islas, logró traer 193 especies. De entre ellas, 100 eran

nuevas especies. Se empezaba a dar cuenta que el archipiélago, a pesar de estar en la mitad del océano Pacífico, era, desde el punto de vista zoológico y botánico, parte de América.

Las observaciones que realizó Darwin en las Galápagos constituyeron las bases de sus teorías. Pero ni sus observaciones en el Sur de Suramérica ni su encuentro con la fauna de Galápagos lo llevaron a una revelación repentina. Como hemos visto, mientras estaba en Galápagos no le llamaron mucho la atención los pinzones, pero tampoco vio en un inicio la importancia de las tortugas ni de los cucuques. En septiembre de 1835, durante su breve visita a las islas, no había aún abandonado la idea de la Creación Especial. Ya de camino a Inglaterra, unos nueve meses después de salir de las Galápagos y durante el último mes de su viaje, mientras se encontraba clasificando pájaros y preparaba un catálogo de sus aves en su camarote en el *Beagle*, escribe sus “Notas Ornitológicas”. Se considera a ese documento la primera admisión de la existencia de los procesos evolutivos por parte de Darwin. Las observaciones se refieren a que las distintas especies de tortugas y cucuques están relacionadas entre ellos.

*When I recollect the fact that (from) the form of the body, shape of scales & general size the spaniards can at once pronounce from which island any tortoise may have been brought. When I see these islands in sight of each other, & possessed of but a scanty stock of animals, tenanted by these (mocking) birds but slightly differing in structure & filling the same place in Nature, I must suspect they are only varieties. The only fact of a similar kind of which I am aware is the constant asserted difference between the worflike fox of East and West Falkland Islands. If there is the slightest foundation for these remarks, the zooology of Archipelagos will be well worth examining: **for that would undermine the stability of Species.***

Años más tarde, cuando Darwin reflexionaba sobre Galápagos, comenta acerca de la gran cantidad de especies endémicas que se observaban en unas islas tan pequeñas. ¿Por qué eran tan similares entre sí estas especies y por qué eran también parecidas, aunque un poco menos, a las formas en el continente? La manera más directa de explicarse esa distribución no es el creacionismo, concluyó Darwin, sino las ideas de la evolución de las especies, pues los patrones corresponden a procesos de migración y se explican mejor si se considera que las especies de las islas descienden de unos cuantos ancestros que migraron del continente. Darwin relata en su “Autobiografía” (Barlow 1959) que durante su viaje en el *Beagle* le habían impresionado las formaciones geológicas de la Pampa y sus fósiles, la manera en la cual los animales cercanamente relacionados

se reemplazan unos a otros a través del tiempo y cómo los organismos varían de manera pequeña entre cada una de las islas en Galápagos, a pesar de que ninguna de las islas parecería ser de gran antigüedad.

Cuando regresó a Inglaterra, Darwin distribuyó sus especímenes entre varios expertos en sistemática. Entregó las aves al famoso ornitólogo John Gould y los fósiles al paleontólogo Owen. A pesar de que ya había escrito un par de manuscritos sobre el tema de la evolución, Darwin estaba lejos de tener una idea clara y concisa de lo que luego sería su teoría de la selección natural. De la conversación que tuvo con Gould meses después de su llegada, le sorprendió el caso de los cucuves y la manera en la cual una especie reemplazaba a la otra. Las cuatro especies de cucuves son muy parecidas y viven en islas cercanas, pero son sutilmente diferentes entre sí. También le impresionó el hecho de que todos los pájaros que eran endémicos a las islas tenían su contraparte en América. En 1837, Darwin inicia la escritura de su manuscrito denominado “La Transmutación de las Especies”. Reconoce en éste la importancia que, en su pensamiento, han tenido los fósiles de América del Sur y las especies que encontró en Galápagos para cuestionar la estabilidad de las especies. Es recién en la segunda edición de su “Diario de Investigación”, una década después de su visita a las Galápagos (1845:394), que Darwin, finalmente, describe las diferencias entre los caparzones de las tortugas y su relevancia para entender el proceso de evolución. Gould clasifica los pinzones, los cuales en un inicio no le llamaron mucho la atención a Darwin al punto de que, cuando publica la primera versión de su diario en 1839, no los menciona. Recién en la edición revisada es ya consciente de la importancia de los pinzones para su teoría (Hickman 1991). Los comentarios de Gould sobre los pinzones convencieron a Darwin de que debía haber un proceso de transmutación de las especies. En el “Notebook B” sobre la transmutación de las especies, subtítulo “Zoonomía”, Darwin discute el árbol de la vida y dibuja los primeros diagramas en los que se observa la manera en la cual los pinzones han evolucionado. Ese mismo año, 1839, Darwin se casa con su prima Emma Wedgwood. Eso le crea ansiedad por las diferencias en cuanto a su posición religiosa. Ella era bastante ortodoxa en cuanto a sus creencias y él tenía miedo de lastimarla con sus ideas. En 1842 se muda al campo a su casa en Downe, Kent, y produce un borrador con sus ideas que en 1844 entrega como una versión mejorada al geólogo Lyell y al botánico Hooker. En 1845 publicó parte de su teoría de manera parcial. Ya contaba de alguna manera con el apoyo de estos dos científicos, figuras importantes en el mundo científico de la época. Durante los

próximos ocho años se dedicó a estudiar los balanos, la reproducción de animales domésticos y se convirtió en un experto en palomas, pichones y otros animales. En enero de 1857 recibe un manuscrito de Alfred Russel Wallace, que define algunas de las ideas sobre las cuales ya había estado trabajando Darwin durante casi 20 años.

Wallace, a diferencia de Darwin, era un hombre con pocos recursos propios que se ganaba la vida recolectando especímenes. En un inicio lo hizo de la Amazonía y más tarde en el sudeste asiático. Los enviaba a los museos y a las colecciones que en ese tiempo se estaban creando en Europa. Lyell, quien con Hooker ya conocía las ideas de Wallace y había advertido a Darwin sobre su rival, le persuade a escribir sobre sus teorías evolucionistas (Keynes 2003, Quammen 2009). Tras recibir la carta de Wallace, motivado por sus amigos, leyó ante la *Linean Society* un resumen de sus ideas y la carta de Wallace, y publican un manuscrito con las ideas de los dos. Después, se dedica a terminar su gran obra “El Origen de las Especies”.

Para comprobar sus ideas sobre el origen de la vida y las especies en Galápagos y otras islas oceánicas, Darwin realizó los que quizás fueron los primeros experimentos sobre evolución. Dejaba semillas al remojo durante varios días, imitando las condiciones que encontrarían en el mar abierto, y luego comprobaba si estas germinaban o no. Observaba además qué ocurría cuando la semilla era ingerida por distintos tipos de aves, cuánto tiempo resistía en el estómago de estas y cuál era su estado al ser evacuada por el animal. Buscaba comprobar que, a pesar de ser larga la travesía, algunas semillas podían resistir las condiciones del agua marina o del sistema digestivo de las aves. Catorce de cada 100 semillas con las cuales él experimentó lograban sobrevivir 28 días en el océano, el tiempo que toma a una semilla flotar desde el continente hasta Galápagos. Además, Darwin estaba consciente de que las semillas podían ser transportadas por pájaros, en los intestinos de animales muertos y entre ramas y palos que se desprendían y flotaban en el mar. Para su teoría y sus ideas, las diferencias en la capacidad de plantas y animales de llegar desde lejos era muy importante y evidenciaban que la vida en Galápagos provenía del continente y no de una creación divina.

Diferencias en la capacidad de las diferentes especies en adaptarse a las condiciones del viaje y de lograr sobrevivir una vez que llegan a Galápagos, es la mejor explicación de la gran diversidad de especies de ciertos

grupos y la falta de otros. Tal es el caso de los reptiles, que gracias a su piel dura, sus huevos de cáscara resistente y la poca energía que gastan para regular su temperatura pueden sobrevivir los más de 1000 kilómetros de mar y sol, llegar a Galápagos, sobrevivir en el ambiente seco en el que se encuentran, adaptarse a los nichos vacíos y diversificarse. En cambio, a otros grupos como los anfibios, con su piel y huevos permeables y sensibles a la disecación, no se los encuentra en las islas. Esta distribución, un tanto particular de las especies en las islas oceánicas, que los biólogos hoy en día denominan la desarmonía taxonómica de las especies, junto con la radiación adaptativa, difícilmente puede explicarse como un capricho divino. En cambio, es fácilmente explicable si tomamos en cuenta las condiciones que tienen que sobrevivir los animales y plantas para llegar, sobrevivir y reproducirse en estas islas remotas. Darwin analizó, además, el tipo de plantas que coleccionó y que, de alguna manera, tenían características que les permitían sobrevivir a la distancia y las condiciones del largo viaje y se pudieron establecer en las islas. Hoy conocemos que la mayor cantidad de plantas llegan como semillas en el estómago de las aves. Otras vienen arrastradas por las mareas o el viento. Muchas de las semillas que lograron sobrevivir el largo viaje posiblemente murieron por las dificultades del medio que hallaron: el ambiente seco y desértico de la parte baja de las islas.

Como hemos visto, Darwin experimentó con distintas semillas para observar cuáles son las que logran dispersarse. Una de las características que hace que ciertas plantas se puedan establecer en islas como las Galápagos tiene que ver con su estrategia reproductiva. Algunas plantas no necesitan de otros individuos para lograr reproducirse. Estas plantas autógamas tienen una ventaja en los momentos iniciales de la colonización. El problema que tienen las plantas que dependen de un miembro del sexo opuesto se complica en islas como Galápagos, pues con la excepción de algunos insectos, como es el caso de la bonga o abeja carpintera *Xylocopa darwini*, pocos polinizadores han llegado a las islas. A Darwin le llamó la atención el hecho de que las plantas de Galápagos tenían colores relativamente poco atractivos. Esta falta de colores llamativos ha sido explicada por los biólogos en base al hecho de que las plantas que llegaron y se reprodujeron fueron las que se autofertilizaban y que no dependían tanto de la polinización con otros individuos. Además, dada la falta de polinizadores, no tienen que competir por atraer a los insectos, razón por la cual pueden tener pocos colores (McMullen 1999). Estas características tan especiales de las plantas y los animales de Galápagos son el

resultado del aislamiento que caracteriza al lugar. Dicho aislamiento es quizás la característica más importante que las Galápagos ofrecen a los biólogos para entender los procesos de evolución.

No solamente están las islas separadas del continente, sino que están separadas entre sí. Esta característica permitió a Darwin observar la manera en la cual el aislamiento y el tiempo constituyen elementos que moldean la forma de especies. El aislamiento relativo, tanto entre las islas como entre las islas y el continente, hacen de éstas una especie de libro viviente que permite al especialista leer la historia evolutiva de las especies y estudiar el funcionamiento de procesos como la radiación adaptativa y la especiación. El aislamiento en las Galápagos, comprende Darwin, está dado por las corrientes marinas y por las grandes profundidades que separan a las islas, (lo cual conocía Darwin gracias a los estudios que había hecho Fitzroy) y que no permiten que éstas se unan durante los periodos de glaciación. Las Galápagos, en este sentido, se convierten en parte importante de su argumento sobre la evolución de las especie, pues se puede ver que este aislamiento, con el tiempo, genera transformaciones de una especie en otra, algo que en ese entonces era considerado como imposible por los creacionistas.

La teoría de la evolución y las Galápagos

Darwin consideraba que las Galápagos son islas oceánicas y que, como tales, nunca han estado conectadas con continente alguno. En contra de otras ideas, consideraba que éstas emergieron del fondo del océano. Hoy sabemos que algunas, como San Cristóbal y Española, lo hicieron hace unos cinco millones de años y otras, las que se encuentran al oeste, hace posiblemente menos de un millón de años. Las especies de animales y plantas que se establecen en el archipiélago ocupan nichos vacíos y se diversifican para poder explotar los recursos que encuentran y competir con otras especies que son parecidas y buscan alimentos similares. Este proceso de radiación adaptativa, en el caso de las Galápagos, está ejemplificado en varias especies conocidas en todo el mundo, especialmente en los pinzones de Darwin, en las tortugas gigantes y de las plantas del género *Scalesia* (*Asteraceae*). En las Galápagos, los pinzones dominan nichos que en la parte continental son ocupados por familias distintas de pájaros carpinteros, atrapamoscas, o semilleros. En el caso del conti-

nente, un pinzón que trata de ocupar este espacio no sobrevivirá, pues tendría que competir con animales más especializados y eficientes en ese tipo de alimentos y que ya están adaptados a ese nicho específico. El encontrar estos nichos vacíos genera grandes posibilidades a los animales de desarrollar nuevas radiaciones morfológicas.

La importancia de las Galápagos para Darwin y otros evolucionistas es que, en su relativamente pequeño tamaño, demuestran los procesos de evolución, dadas las condiciones de la ciencia y la tecnología en esa época, mejor que áreas más grandes y complejas como serían las islas Hawii. Navegando de una isla a otra se pueden ver las pequeñas, pero relevantes, diferencias entre variedades y especies que llevan al visitante curioso y perspicaz a hacerse la pregunta de cómo estas diferencias se crearon. Pero no son solamente las diferencias entre las islas lo que enciende la imaginación. Además, encontramos en islas oceánicas procesos adaptativos que distancian de maneras importantes a las especies que en ellas encontramos de sus parientes continentales. Tal es el caso del gigantismo, la tendencia de algunos animales y plantas a hacerse más grandes. Hay ejemplos de gigantismo en otras islas, como el caso del ya extinto dodo en las Islas Mauricio, o el moha en Nueva Guinea, y el enanismo que se presenta en mamíferos grandes que viven en islas oceánicas, cuyo tamaño con el paso del tiempo tiende a disminuir, como, por ejemplo, sucede con los elefantes enanos que vivían en el Mar Ageo y en otras islas. Estos fenómenos se deben a que las especies desarrollan formas inusitadas al ocupar nichos que en otras áreas éstas no ocupan. En Galápagos tenemos ejemplos de estos procesos, como es el gigantismo entre los cactus opuntia y quizás de las tortugas gigantes y los cormoranes no voladores. Uno de los aspectos más importantes del viaje que Darwin realizó a Galápagos, y la razón por la cual cientos de científicos han visitado el archipiélago, es que les permite observar las sutiles, pero importantes, diferencias entre los animales continentales y de las Galápagos, y así entender los procesos de transformación de las especies.

Estas observaciones le llevarían a Darwin a dudar sobre algunas de las premisas más fundamentales de la visión de la naturaleza de esos tiempos. Entre esas, cuestiona en especial la idea de la inmutabilidad de las especies. Se pensaba que existe una forma ideal inmutable y estable de las cuales las especies son simples manifestaciones. Esta idea de la esencia estable de las especies viene desde Platón y Aristóteles. Luego, fue cristianizada y transformada en la creencia de que fue Dios quien creó las

especies como entes separados e inmutables, y que las formas son reflejos de un orden divino, perfecto y estático. Tanto Lyell como Darwin, y otros pensadores, estaban luchando contra ideas que proponían un mundo recientemente creado. Basándose en cálculos hechos por pensadores cristianos como el reverendo Anglicano James Usher los creacionistas mantenían que el mundo había sido creado hace apenas 4004 años antes de Cristo. Usher había llegado a esa conclusión contando las distintas generaciones que aparecen en la Biblia. Es a esta visión conservadora y estática, la cual dominaba en aquella época la cosmovisión en su entorno social, a la cual Darwin tendría que enfrentar con temor y cuidado.

Pocos eran, sin embargo, los científicos que en esa época dudaban de la inmutabilidad de las especies. Al eliminar la necesidad de una fuerza creadora, de una guía espiritual del proceso evolutivo, Darwin cuestiona y amenaza algunas de las premisas más importantes del pensamiento cristiano de la época (Keynes 2003). Sin embargo, no convenció a todos, y muchos mantuvieron hasta el siglo XX diferentes tipos de posiciones creacionistas, como era la teoría derivada del catastrofismo de Cuvier de que existen creaciones múltiples en distintos momentos o lugares. Las lecturas del libro “Principio de Geología” escrito por Lyell, un famoso geólogo inglés y quien luego sería un colaborador de Darwin, le hicieron ver que los procesos de larga duración son los que explican muchas formaciones geológicas. Uno de los aspectos clave de la teoría de Darwin, y el punto que le diferencia de otras ideas evolucionistas que ya existían antes que él, como la de su propio abuelo Erasmus Darwin y la del famoso pensador francés el noble Jean Baptiste de Lamarck, es la importancia que él le da a la selección natural. Anota en su “Biografía” que había leído en 1838 unas líneas del libro de Malthus, “Essay on the Principle of Population”, para entretenerse. Malthus pensaba que la población humana crecía de manera geométrica mientras que los recursos crecían mucho más lentamente de manera aritmética, lo cual inevitablemente llevaría a hambrunas y muerte. Este concepto, de la diferencia entre la existencia de los recursos y de la población, se convirtió en uno de los principales pilares de su teoría de la evolución. Darwin entendió que algo similar ocurre en el mundo natural, pues solamente unos pocos sobreviven, los que tienen alguna ventaja, por más mínima que ésta sea, sobre sus competidores. Malthus no era el único pensador de las ciencias sociales de esa época que inspiró a Darwin. Semanas antes había leído a Duglad Stewarts, “On the Life and Writing of Adam Smith”, así como a otros pensadores liberales (Gould 1980). Darwin además construye sus ideas sobre

la supervivencia de los más aptos y la selección natural de la realidad en el contexto de un mundo capitalista en el cual los individuos y las empresas luchan por recursos limitados. Marx, quien era un admirador de Darwin, consideraba que sus ideas reflejaban la realidad y el contexto en el cual Darwin vivía: un sistema capitalista en formación, dominado por hombres europeos, y en el cual la competencia y la selección de los negocios y firmas más eficientes juega un papel importante en la organización de un sistema autoorganizado.

Darwin llegó a sus conclusiones lentamente. No fue solamente por medio de un proceso inductivo, acumulando la evidencia que Darwin obtuvo en su viaje del *Beagle* como los fósiles de Argentina, las tortugas y los cucu-ves, sino también gracias a un gran esfuerzo deductivo que le tomó años, basado en su estudio y análisis de las ideas de los sociólogos, economistas y pensadores de la época, que desarrolló su modelo revolucionario. La teoría de Darwin es la mezcla entre las observaciones realizadas en su viaje de las tortugas, los cucu-ves, los pinzones, los fósiles del Pleistoceno; y luego en Inglaterra de las palomas europeas y los balanos y de conversaciones ya sea en vivo o por medio de las lecturas con Gould, Malthus, Lyell, Adam Smith e incluso Lamarck; y de muchísimas horas de pensar y reflexionar. Este constante ir y venir entre los procesos inductivos y deductivos generan uno de los cambios de paradigmas más revolucionarios de la historia humana. En otras palabras, lo que logra de esta manera, las formas aparentemente perfectas, son el resultado de estos procesos cotidianos y constantes. Darwin y sus reflexiones nos llevan a entender que, como lo describe Richard Dawkins en su libro “The Blind Watchmaker”, el hecho de que los lenguados, peces que pasan la mayor parte de su vida sobre un solo costado, no nacen con los dos ojos en el mismo lado del cuerpo, sino que uno de los ojos va migrando en la cabeza conforme se desarrolla el pez desde alevín a adulto, y termina el pez con una cara deforme y rara, demuestra que el proceso es uno de evolución orgánica y no de creación de formas perfectas por una “Inteligencia Superior”. La evolución está llena de errores, de caminos sin salida, de extinciones, de distintos tipos de organismos que desaparecen. El 99.9% de las formas que han surgido en la Tierra han desaparecido. Tanto el registro fósil como los estudios de organismos vivos, desde bacterias hasta moscas, nos demuestran la importancia de las extinciones, de mutaciones y de la muerte para generar la vida y la evolución. Estas mutaciones y, en los organismos sexuales, el proceso de mezcla del material genético de ambos padres, generan un increíble número de formas sobre las cuales luego se

seleccionan las más eficientes, en un proceso ciego, mecánico y no teológico, en el que nuevos organismos funcionales y más aptos sustituyen a los organismos anteriores. Daniel Dennett en su libro “Darwin Dangerous Idea” menciona que la idea peligrosa que, a la final resulta de Darwin, sus viajes y sus reflexiones, es que existe un diseño, pero que el proceso para llegar a ese diseño es el azar y la selección natural de las mejores formas, no el diseño o creación de un dios. Como metafóricamente lo explica Richard Dawkins las formas y el orden que observamos son el resultado de un relojero ciego, de procesos materiales, mutaciones genéticas y cambios, muchos de ellos sin sentido y aparentemente insignificantes, que derivan en formas increíblemente eficientes y bien organizadas. Para Darwin, la organización se explica no como el resultado de un gran planificador, un ente ordenador que genera una realidad ordenada, sino más bien como un proceso emergente que genera un cierto orden desde abajo hacia arriba. El “milagro” de la evolución natural y del mecanismo darwiniano es que de una realidad sin sentido ni guía se generan diseños que, si bien no son perfectos, son asombrosamente buenos. Darwin, junto con otros pensadores, fue el precursor de lo que más tarde sería la teoría de los sistemas complejos y emergentes.

Darwin escribió sobre las implicaciones de la evolución no solamente a nivel de la forma, sino también en términos del comportamiento de los animales. La idea de que nuestros comportamientos son parte de la herencia ancestral, que somos instintivos, viscerales e inconscientes ha sido una de las más influyentes y controversiales contribuciones del darwinismo. Hoy día la llamamos etología humana o psicología evolutiva. Fue en Galápagos donde algunas de las primeras observaciones sobre el comportamiento instintivo de los animales fueron realizadas en términos de la teoría darwiniana.

Esta revolución conceptual de Darwin, que plantea que existe un diseño sin un diseñador, es uno de los más importantes cambios paradigmáticos de la ciencia moderna. Las Galápagos como fuente de ejemplos y observaciones dieron mucho a Darwin, y Darwin dio mucho a las islas. Para bien y para mal, el científico puso a las islas en el mapa mundial de la ciencia y, más tarde, del turismo de naturaleza. Fue él quien inició una tradición que terminaría en convertirlas en un santuario secular y en un laboratorio natural donde se pueden observar procesos evolutivos en un mundo prístino. Es justamente esta idea de que Galápagos constituye un laboratorio natural lo que imbuuyó a las islas de su carisma a nivel mun-

dial y que constituye la base de la industria multimillonaria del turismo, estudio y conservación en el cual se fundamenta en gran medida su crecimiento poblacional y económico.

Después de Darwin, expedicionarios, millonarios y científicos

“El origen de las especies” es quizás el libro que, de manera más profunda, ha revolucionado nuestro pensamiento sobre el mundo natural. Si bien es cierto que muchos de los ejemplos que Darwin utiliza en su libro no provienen de las Galápagos, las observaciones que realizó en ellas fueron muy importantes para la creación de la teoría y, en varios escritos de la época, tanto de Darwin como de otros autores. Para finales del siglo XIX, las islas se convirtieron en uno de los lugares del mundo más visitados por científicos y en el escenario por excelencia para estudiar los procesos evolutivos y negar o respaldar las ideas de Darwin (Larson 2002).

La importancia de Galápagos como un laboratorio natural en el imaginario occidental se basa en parte en el hecho de que las controversiales y amenazantes ideas de Darwin no fueron aceptadas inmediatamente en el mundo científico occidental. Controversias sobre la validez o no del darwinismo continuaron hasta ya entrado el siglo XX. Varios modelos evolucionistas sobre la transformación de las especies que compiten con el darwinismo surgen antes como después de Darwin. Entre estas ideas, una de las más influyentes fue la teoría neo-cuveriana, basada en el pensamiento del Barón Georges Cuvier, una figura clave en el desarrollo de la paleontología de vertebrados y la biología comparada. Cuvier sostenía que no podía haber evolución de las formas pues sus órganos y partes estaban tan bien integradas entre ellas y con el medio que un cambio convertiría al animal en algo no viable. Cuvier consideraba que habían existido más bien creaciones sucesivas, distintas catástrofes seguidas de varias creaciones en base a ciertos planes que organizaban la anatomía de los animales. El neolamarckianismo, otra idea popular, consideraba que los caracteres adquiridos se heredaban, que la evolución ocurría por la necesidad que tenían los organismos de cambiar sus características. Considera el lamarckianismo que la fuerza de la voluntad genera el dinamismo y dirección en la evolución de las especies y nos presenta, de

alguna manera, un mundo más tranquilo y menos violento. Siendo un planteamiento secular como el darwiniano, tiene ciertos elementos del espiritualismo creacionista.

En la década de 1880, Friedrich Leopold August Weismann fue quien convenció a muchos científicos que las características adquiridas no se heredan. Argumentaba la existencia del germo plasma, en base a la cual la herencia ocurría debido a que los gametos son diferentes de las células somáticas, pues pasan la información de generación en generación. De esta manera descartaba la idea lamarckiana de que cambios en las células somáticas puedan transmitirse de una generación a otra. Después de sus ideas y gracias a los avances en citología y en los estudios de la genética mendeliana, se llevó a cabo el inicio de la síntesis neodarwiniana que marca el final del lamarckianismo. Desde ese momento se dio un vuelco que llevó al cuestionamiento de las visiones cuverianas y lamarckianas. Pero esta nueva síntesis no resultó en un cambio inmediato a nivel de todos los científicos de la época y tomó muchos años antes de que el darwinismo se convierta en el paradigma dominante de la biología. Muchos respetables científicos a fines del siglo XIX y a inicios del siglo XX seguían intentando probar sus distintos modelos y teorías sobre la evolución de las especies. Estos científicos buscaban en lugares distantes pruebas a sus teorías y evidencias que refutaran al darwinismo, y pocos lugares eran más conocidos y relevantes como las Galápagos.

Una de las primeras expediciones en llegar después de la del *Beagle*, para encontrar respuestas a los debates sobre la evolución y sus mecanismos fue la que vino en el guardacosta de Estados Unidos, el Hassler, el cual llevaba al famoso científico Louis Aggasiz, un eminente, elocuente e influyente geólogo, ictiólogo y naturalista, ferviente opositor de las ideas evolucionistas. Nacido en Suiza, emigró a Estados Unidos para realizar una brillante carrera académica. Fue el primer científico en proponer que la tierra ha pasado por periodos de glaciación y sus ideas sobre las glaciaciones fueron aceptadas por Darwin como una contribución importante al entendimiento de la historia natural. Fervientemente cristiano, fue profesor de geología y zoología en Harvard y fundador de su Museo de Zoología Comparada. Mantenía que existía una fuerza inteligente que organiza el universo y que el orden existente no puede ser el resultado de procesos mecánicos, caóticos y desorganizados. El hecho de que el ser humano puede entender lo que ocurre, significaba para él que el mundo debe ser de alguna manera organizada y ordenada (Lourie 1959). Demos-

trar la existencia de un mundo inmutable, creado por un ser supremo, se convirtió en su principal misión, su gran capacidad como orador le dio mucha credibilidad a sus ideas y se convirtió en un rival importante de Darwin y de sus defensores. Su deseo de aprender más de ictiología, y de revisar y corregir los supuestos errores de la teoría evolucionista, le llevaron a organizar viajes a la Amazonia y Galápagos, donde realizó algunas de las mejores colecciones y clasificaciones de los peces de la región.

Agassiz sostenía que todo hecho físico y natural posee un significado particular y revela un propósito trascendental, un orden cósmico, una motivación divina y una prueba irrefutable de que el mundo había sido diseñado y creado por Dios. Agassiz fue quizás el último de los biólogos con cierta reputación en mantener dicha posición creacionista. Estaba consciente de las implicaciones filosóficas y teológicas del darwinismo y de su carácter materialista y secular. Le asustaba el proceso darwiniano mecánico, no planificado, producto de fuerzas físicas, químicas y biológicas que dejaba muy poco o nada de espacio para factores espirituales y la intervención divina. Su deseo de mantener la idea de que estas fuerzas responden a una “mente creadora” le llevó a cuestionar la validez de los procesos que describían Lyell, Darwin, Huxley y Hooker. Se vio obligado a hacer que la evidencia geológica que él y otros recolectaba se ajustara a su idea de la existencia de un mundo fijo y no variante, donde las especies fuesen inmutables. Este esfuerzo le llevó a plantear ideas absurdas conforme se acumulaba más y más evidencia que probaba que el mundo está en constante cambio y evolución. Su paradigma religioso no se podía acomodar a la nueva evidencia que surgía de todo el mundo sobre los procesos evolutivos. Las grandes glaciaciones del pasado, que magistralmente describió, no eran para él factores que determinaban la distribución presente de los organismos, ni evidencia del gran proceso de cambio y transformación que había afectado al mundo en el pasado, como ya había propuesto Darwin. Para Agassiz, estos eventos geológicos pasados constituían más bien ejemplos de catástrofes y creaciones causadas por Dios que, como ya había indicado Cuvier, evidencian creaciones y destrucciones divinas sucesivas. Sus reconocidos conocimientos de paleontología y geología, y su capacidad de oratoria, le ayudaron en su intento por desacreditar las ideas de Darwin y utilizar cualquier falta de evidencia o huecos en la información para contradecir el darwinismo.

Agassiz, al igual que muchos creacionistas contemporáneos, asumía que el hecho de que la ciencia no pudiera explicar alguno de los aspectos

de la evolución significa que el creacionismo es la explicación correcta de dichos procesos (Lurie 1959, Dawkins 2006). Agassiz se valía de las mismas estrategias, que aún hoy en día utilizan ciertos creacionistas, para construir sus ideas del diseño inteligente y la creación del mundo por Dios: decir que, si la ciencia no puede explicar algo, la religión es la mejor explicación. Uno de los problemas de esta estrategia es que las pruebas creacionistas se basan en lo que la ciencia aún no conoce, pero conforme la biología va esclareciendo más y más los procesos y mecanismos evolutivos, la religión se queda cada vez con menos argumentos y espacios. Agassiz, quien había conocido al Barón Georges Cuvier en 1832, adquirió muchas ideas de este pensador francés. Consideraba que existían distintos centros de origen de las especies. Estas ideas se fueron fortaleciendo con sus viajes y visitas a América del Sur y a las Galápagos (Lurie 1959). La distribución geográfica de los animales significaba para él que Dios, varias veces y en varios lugares, creó un mundo ordenado. Existía un diseño y un diseñador que creó al mundo en base a una jerarquía entre las distintas creaciones. Algunas, él suponía, eran superiores a otras. Pensaba, que al igual que ocurre con las plantas y los animales, las razas humanas eran el resultado de distintas creaciones, y que de la misma manera, entre las distintas razas humanas había una jerarquía. Consideraba que la naturaleza es el producto de la inteligencia divina y sigue un plan preconcebido al cual corresponden una serie de formas y organismos, cada una más avanzada que la otra, hasta llegar al ser humano y en especial a la raza blanca.

Antes de ir a Galápagos, Agassiz había llegado a las costas de Brasil donde estudió las especies en los lagos de la Amazonía (Lurie 1959). Quería demostrar que, a pesar de que las condiciones ambientales eran similares en cada lago, habían especies diferentes, lo cual él consideraba era evidencia de que Darwin se había equivocado y que Dios había generado esta diversidad. Antes de su visita se habían identificado unas 100 especies de peces en toda América del Sur. Él identificó unas 2200 solamente en Brasil. Su viaje en el Hassler en 1872 a Galápagos, fue para demostrar lo que él consideraba que eran los errores de la teoría darwiniana. Basándose en evidencia, como sus observaciones de que las iguanas marinas no regresan a tierra cuando son arrojadas al mar (Larson 2002), anotó que los animales no habían desarrollado el instinto de huir de los humanos, como Darwin predijo que pasaría en su Diarios. En cuanto a las Galápagos, su principal argumento en contra de Darwin es que no había existido suficiente tiempo para poder explicar, por medio de la selección

natural, las diferencias que observaba entre la fauna de Galápagos y la del continente. Tanto Agassiz como Darwin llegaron a Galápagos con fines de conocer cómo funciona el mundo natural. De sus visitas sacarían conclusiones diametralmente opuestas. A Darwin el viaje a Galápagos le ayudó a descubrir que el mundo es cambiante, no existe nada estable, la vida y las especies se transforman evolucionan, se adaptan. Lo interesante de la naturaleza, para Darwin, como para los evolucionistas modernos no está en las formas y procesos perfectos, pero en sus imperfecciones. Tal es el caso del falso pulgar del oso panda, desarrollado para alimentarse de los bambús, el cual es una adaptación reciente y un mecanismo demasiado torpe como para “ser el diseño de un ente creador”. Para Agassiz, quien fue a Galápagos después de Darwin, con ideas preconcebidas y con un esquema el cual se resistía a dejar, el viaje le ayudo a confirmar lo que ya conocía, que el mundo jamás cambia, que las especies representan un “orden divino”, que Dios creó las especies y que estas no han variado en el pasado, ni variarían en el futuro pues las especies, pensaba, son evidencia de la sabiduría y la perfección “divina”. Las diferencias entre Agassiz y Darwin parecen indicar que quizás fue la juventud de Darwin, su curiosidad innata, su mente abierta, su inteligencia y de manera paradójica su falta de conocimientos del modelo existente y de ideas claras y establecidas, lo que le permitió repensar el paradigma, y crear un nuevo y poderoso esquema que transformó y afectó la manera en la cual vemos la naturaleza.

Para los creacionistas de finales del siglo XIX era importante desacreditar algunos de los supuestos que eran las bases de las ideas de Darwin. Dentro de esta línea se empezó a discutir si las Galápagos se encuentran o no conectadas al continente. Fue un debate que tenía importantes implicaciones sobre la validez de las ideas de Darwin. En caso de que las islas hayan estado en algún momento conectadas al continente, no tendrían la misma importancia para el estudio de los procesos evolutivos y adaptativos de las especies que allí encontramos. Otra pregunta relacionada a esta inquietud era la de cómo llegaron hasta las islas las gigantescas tortugas. Nuevamente esta pregunta suponía un reto para las ideas evolucionistas, pues la imposibilidad de que estos gigantes hayan llegado a las islas si éstas estaban aisladas del continente era evidencia a favor del creacionismo. Para muchos, como FitzRoy e incluso en un inicio para Darwin, la respuesta estaba en que marineros, piratas y balleneros las habían traído de la Seychelles y Macarenas en el Océano Índico, donde se encuentran parientes de los gigantes. Más tarde, conforme maduraban

sus ideas, pensó que las tortugas llegaron a las islas flotando desde el continente. Incluso adelantándose a las ideas que hoy en día parecen ser comprobadas por datos provenientes de estudios genéticos, Darwin mantenía que existieron islas, hoy día hundidas, en la cuales llegaron las especies antes de que existan las Galápagos. En 1875 Albert Gunther, un científico creacionista, quien trabajaba en el Departamento de Zoología del Museo Británico, asignó tortugas a cuatro islas diferentes. Para él esta diferencia era evidencia de que Dios había creado las diversas especies (Larson 2002). Fue Gunter quien advirtió que las tortugas estaban desapareciendo. Además de los balleneros, los colonos colectores de orquilla las estaban aniquilando, razón por la cual aceleró las expediciones para obtener tortugas. Era necesario capturarlas y llevar sus caparazones al Museo Británico, donde podrán ser estudiadas por los científicos. Varios barcos, muchos de ellos militares, atendieron sus pedidos y al pasar por Galápagos coleccionaron especímenes de las distintas islas.

En 1889, George Bauer de la Universidad de Yale, al ver las similitudes entre los fósiles de tortugas que provenían de Nebraska y las tortugas de Galápagos, considero que las Galápagos debieron haber estado conectadas en algún momento a la masa continental. Dejó su trabajo de profesor y viajó a Galápagos. En su viaje en 1891 pensaba demostrar que las islas eran parte de una formación más grande y que algún día estuvieron conectadas con el continente. Esta idea era opuesta a la que mantenía Darwin, Agassiz, Wallace y Wolf, entre otros, para quienes las Galápagos habían estado siempre aisladas. Si las islas habían estado conectadas a los continentes las tortugas no habían cruzado el mar para llegar a las islas. No era necesario pensar que existió un proceso de especiación. No se podía decir que evolucionaron de un solo ancestro común. De esta manera, Bauer un neo-lamarckiano, ponía en tela de juicio las ideas de Darwin de que los diferentes tipos de tortugas habían salido de una colonización inicial. Los animales que quedaron en las islas se fueron diferenciando siguiendo las ideas de Lamarck durante años de evolución debido a que en cada isla era diferentes y las tortugas necesitaban adquirir características distintas en cada Isla. Coleccionó miles de especímenes de pájaros, insectos y reptiles, los cuales llevó de regreso con 21 ejemplares de tortugas.

A su regreso, Bauer publicó relatos de su viaje y reportes científicos en los cuales aseguraba que su viaje a las Islas había probado sus teorías. A pesar de que vio como una tortuga lograba sobrevivir en el agua durante

varias horas después de hundírsele uno de los botes, mantenía que las tortugas no podían nadar y que la única manera de explicar su presencia en las islas es que ellas deben haber llegado caminando por un puente desaparecido que conectaba las islas con el continente (Larson 2002). Las ideas de Brauer se volvieron incluso menos plausibles cuando Townsend, quien era el director del acuario de Nueva York, había determinado en expediciones a finales del siglo XIX, que existían profundidades superiores a los 3km en los mares que separan a las Islas del continente, tornando imposible las ideas de Bauer sobre las conexiones entre las Islas y el continente (Larson 2002, Nichols 2006).

Durante los años siguientes se realizaron observaciones para determinar si las tortugas pueden o no flotar. Al inicio, algunos de los experimentos resultaban de este hundimiento de las embarcaciones que los expedicionarios y coleccionistas sufrían cuando trataban de llevar las tortugas al barco principal en pequeños botes. En algunos casos, las tortugas sobrevivían, pero en otros perecían, por lo que estos eventos no nos dan una respuesta definitiva. Muchos piensan que sí pueden sobrevivir en el agua durante largos períodos y que los ancestros de las tortugas podrían haber resistido el gran viaje flotando. La corriente de Humboldt puede llevar un objeto flotando unos 30 días desde el continente. Muchos de los animales y plantas que llegaron podrían además haberlo hecho flotando en balsas de palos, ramas y raíces que se forman durante El Niño y que luego serían acarreados a las islas por las corrientes. El aislamiento es una de las características más importantes para el desarrollo idiosincrático de los animales y plantas en las Islas oceánicas y para los procesos de especiación y de evolución que Darwin y los evolucionistas consideraba se han dado en el pasado. Es por esa razón que hay mucho temor de que, en nuestros días, la migración y el aumento de las plantas y animales introducidos amenacen este aislamiento introduciendo especies foráneas.

El siglo XIX fue también un siglo en el cual se estableció la ciencia de la geología. Las Galápagos cautivaron la imaginación de científicos renombrados, el viaje del famoso científico alemán Teodoro Wolf en 1875 y luego en 1878, quien dejó importantes contribuciones para la ciencia. Mientras él vivía y enseñaba en Quito, fue contratado por el gobierno ecuatoriano para que realizara dos expediciones a las islas para estudiar la geología y otros aspectos de las islas. Una isla y un volcán fueron nombrados en su honor. Estos geólogos estaban interesados, entre otras cosas, en estudiar los procesos de formación de las islas. En la Edad Moderna, y con

la ilustración, coleccionar se convierte en una de las actividades científicas más importantes de la época. En un inicio las colecciones no eran clasificadas, ni siquiera en cuanto a si los objetos eran seres vivos o no. En un inicio representaba un esfuerzo para describir y entender el orden de la creación divina. Museos y colecciones de América se fueron creando en Europa auspiciados por nobles que ejemplificaban el deseo enciclopedista de la época. Las colecciones se convierten en objetos de engrandecimiento personal y en un inicio no importaba el origen del objeto o del organismo coleccionado. Es recién en el siglo XVII que se inicia un proceso de realizar colecciones con el fin de satisfacer la curiosidad científica (Shelton 1994). En ese momento la obsesión de poseer y coleccionar se empieza a mezclar con la idea de conocer y buscar la verdad desde el punto de vista científico.

Desde los esfuerzos impresionantes de Karolus Linneo en el siglo XVIII, quien era un creacionista y quería documentar la fuerza ordenadora de Dios, la ciencia occidental intentó recolectar, clasificar y crear catálogos de plantas y animales. Era un deseo occidental de conocer, identificar y ordenar el mundo. La expansión de la ciencia era, en cierta manera, la expansión del occidente y de su poderosa maquinaria del conocimiento. Durante la época victoriana y la segunda revolución industrial, conforme los ingleses y norteamericanos expandían su presencia en todo el mundo, científicos de estos países trataban de generar esquemas generales de clasificación de las especies. El dominio que ciertos países ejercen sobre otros no se basa solamente en procesos políticos y militares, sino que se constituye también por la capacidad de generar y acceder al conocimiento, descubrir, racionalizar, clasificar y mapear el mundo que ciertas naciones poseen. De esa manera, los científicos de estos países recorrían el mundo para clasificar y recolectar a los animales. El análisis de estas colecciones hechas de especies de lugares aislados confirmaba para algunos científicos que, en efecto, Darwin tenía razón (Larson 2002).

Galápagos no se libró de esta sed científica occidental de conocer, clasificar y coleccionar, y sufrió las consecuencias de la idea que predominaba en ese momento: toda especie de planta o animal debería estar catalogada, nombrada y si era posible guardada o exhibida en los museos de las principales ciudades del mundo desarrollado. En este esfuerzo una de las primeras expediciones fue la de Simon Habel, de Nueva York, quien coleccionó unos 300 especímenes, pertenecientes a unas 70 especies, muchas de las cuales no eran aún conocidas por la ciencia. Otra de estas

expediciones llegó dirigida por el hijo de Louis Agassiz, Alexander, un conocido biólogo basado en California. La expedición tomó 18 tortugas para llevarlas al Museo Nacional de Washington, pero todas murieron. En un segundo viaje, recogieron tortugas de las islas para llevarlas al Museo Nacional en Washington (Larson 2002). Era la época en la cual se pensaba que, antes que tener un animal vivo y libre en Galápagos, era preferible tenerlo embalsamado en un museo en Londres, París o Nueva York. El capital acumulado en la segunda revolución industrial fue utilizado por algunos de los magnates para financiar expediciones científicas. Coleccionistas y aventureros llenaban de objetos naturales y culturales obtenidas de diversas formas, generalmente en países pobres, los museos, las galerías y las colecciones privadas del mundo desarrollado. Combinando la ciencia con el placer, el turismo con la investigación, la colección y extracción de plantas y animales con el vino y la alta cocina, se realizaron otros viajes de investigación patrocinados por prósperos e influyentes empresarios y por las relativamente jóvenes instituciones científicas como museos, zoológicos y universidades dedicadas a la zoología, biología y botánica.

Uno de los mejor conocidos de estos coleccionistas y científico aficionado era miembro de una de las más acaudaladas familias de banqueros y petroleros del mundo, Lord Walter Rothschild. En su casa de campo en Tring cerca de Londres, Lord Rothschild empezó a coleccionar especímenes desde que tenía 7 años, y llegó a tener la colección privada más grande del mundo, con unos dos millones de especímenes. Interesado en biología y taxonomía de las tortugas gigantes, se dedicó a buscarlas para añadirlas a su colección. Compró las que pudo de coleccionistas y museos en Europa. En 1887 financia la primera expedición para coleccionar en Galápagos y contrata a Frank Webster, un coleccionista profesional con mucha experiencia, y al naturalista Charles Harris, un empresario que había organizado ya varios viajes científicos, con la instrucción de que le trajeran tortugas vivas o muertas. Les pide que no deje terreno alguno en las islas sin explorar y que coleccionen incluso tortugas parecidas en Panamá y Colombia.

Dado que no existía una política de protección de parte del gobierno ecuatoriano, las tortugas eran extraídas, pues se consideraba que podían ser apreciadas y estudiadas por más gente en los zoológicos y museos de las grandes ciudades. Harris buscó en San Francisco un grupo de marineros y asistentes y con ellos fue a Galápagos en lo que se denominó

la expedición Webster-Harris. Regresaron a San Francisco con 3500 especímenes de pájaros, incluyendo siete que eran nuevos para la ciencia y con 65 tortugas vivas. Rothschild, impresionado por el trabajo, decide financiar otras expediciones, basadas en California. Se inicia una época en que las instituciones académicas y científicas del área de la Bahía en San Francisco en el Norte de California dominan las expediciones a Galápagos, entre 1887 y 1901 se efectúan siete expediciones desde California. Algunas fueron organizadas y financiadas por Walter Rothschild mientras que otras por la CAS (California Academy of Science) y por la recientemente creada Universidad Stanford. Además de coleccionar tortugas, estas expediciones también se dedicaron a coleccionar pájaros, en especial pinzones, pero también otras especies, algunas de las cuales como el cormorán no volador, descubierto por la expedición de Harris, fueron un gran evento científico.

En 1901 Walter Rothschild puso el capital necesario para que viajara el velero Mary Sachs, y contrató a Rollo Beck, un conocido naturalista de California. La expedición regresó con más de 40 tortugas a San Francisco que luego llevaron a Londres. Beck capturó dos tortugas en Pinta, la isla de la cual solamente sobrevive un ejemplar al momento, el famoso Solitario Jorge. A una de las tortugas, muy pesada para llevarla, la mataron y le sacaron el caparazón. La otra, posiblemente una hembra más pequeña, fue sacada viva de Galápagos y, tras hacerle rodar por un arrecife de 200 metros, la pusieron en la bodega del barco (Nichols 2007). La pobre tortuga de Pinta era quizás la última hembra de la especie del Solitario Jorge. La tortuga sobrevivió el viaje a California, pero ya en San Francisco, por el temor a que no pudiera sobrevivir el viaje a Inglaterra y que no hubiera nadie que le sacase bien el caparazón si moría durante el viaje, Rothschild pidió a Beck que la mate y le lleve únicamente el caparazón. La obsesión en Occidente durante esta época con las tortugas gigantes se debía, en gran parte, a que eran vistas como fósiles vivientes, representantes de un mundo ya desaparecido (Nichols 2007).

Rollo Beck regresó más tarde a Galápagos, en el barco de 80 pies el *Academy*, un navío de propiedad de la CAS (*California Academy of Science*), el cual salió de San Francisco en Junio de 1905 y permaneció 12 meses en las islas. Es en honor a este barco que es nombrada la Bahía de Puerto Ayora. Los nueve científicos de la expedición recolectaron no menos de 8690 especímenes de aves. También coleccionaron 266 de tortugas lo cual Beck justificó diciendo que las tortugas corrían el peligro de extinguirse de las

islas. Beck denunció con preocupación que miles de tortugas eran sacrificadas por los colonos para obtener aceite que luego llevaban a Guayaquil y temía que las tortugas, al igual que las iguanas, y los lobos de dos pelos, no iban a sobrevivir al menos que se las proteja.

Los adinerados auspiciantes de las expediciones estaban además ansiosos de que ésta consiguiese traer especímenes vivos o muertos, muestras visibles del éxito de la expedición (Hickman 1991). Muchas de estas expediciones no llevaban científicos amateurs y estaban más cercanas a visitas turísticas que verdaderas expediciones académicas. Algunas se quedaban en Galápagos por largos períodos de hasta un año o más. Instituciones de los EEUU, debido a su proximidad y su acceso a recursos financieros y académicos, se convirtieron en los principales promotores de investigaciones científicas en las Galápagos. En 1923 se organizó una expedición lujosa y bien equipada llamada la expedición Harrison William. Con el lujoso yate Noma, de 250 pies, y financiada por el millonario William Harrison y dirigida por William Beebe, un autor y expedicionario muy famoso y miembro del New York Zoological Society. Beebe era un seguidor de Lamarck y buscaba en Galápagos evidencia para probar sus teorías. Consideraba que los cormoranes no voladores, dos de los cuales llevo consigo de regreso, habían perdido su capacidad de volar por la falta de uso de las alas. Consideraba que en el ambiente de las Galápagos, como es el caso de otras islas oceánicas, donde han llegado pocos depredadores, como los grandes felinos, no constituía un ambiente maltusiano, de escasez y lucha por la supervivencia y por lo tanto no se aplicaban las leyes darwinianas. Llevaban doce técnicos-científicos quienes debían documentar en papel y en film lo que veían y recolectar vivos o muertos aquellas especies importantes para la ciencia. Con cuarenta y cuatro tripulantes el yate de lujo llegó al Oeste de Santa Cruz donde la expedición recolectó todo tipo de plantas, lagartijas, aves y sus nidos así como otros especímenes. Además Beebe durante esa expedición nombró a dos Islas las cuales luego serían muy importantes en la historia de la ciencia en Galápagos: Daphne Mayor y Daphne Menor. La expedición recolectó gran cantidad de especímenes y documentaron su viaje con un gran número de fotografías y páginas de escritos (Larson 2002). La segunda expedición que lideró Beebe fue financiada por otro acaudalado hombre de negocios George Putman, esta vez en el velero de acero el Arcturus (Larson 2002). Beebe también fue testigo de una erupción volcánica en Isabela y describió la manera dramática cómo un lobo grande muere en las aguas calientes sin saber cómo escapar. Estas descripciones fueron noticia en todo

el mundo, aumentando el misterio y la fama que rodea a las islas. Esta expedición de Beebe fue la primera en realizar investigación submarina, con cascos de buceo, investigaron el comportamiento de los tiburones y el cual describieron como amigable y de ninguna manera amenazante (Larson 2002). Beebe en ningún lugar sugiere que debe haber colonización las islas, pero su descripción de la riqueza ictiológica de los océanos alrededor fue leída en muchos países, y atraieron a turistas y científicos.

William Beebe ya era un aventurero y científico muy conocido en Estados Unidos y en Europa, nacido en Brooklyn, Nueva York, y formado en la Universidad de Columbia. Fue el conservador de ornitología de la Sociedad Zoológica de Nueva York en 1899, y creó la colección de aves vivas en el Parque Zoológico del Bronx, Nueva York. Era una celebridad en mundo de la ciencia por sus distintas expediciones a muchos lugares del mundo como Nueva Escocia, México, Venezuela, Indonesia, China, Japón, los Himalaya y otras regiones. Después de su regreso de las islas, escribió "*The Galápagos World's End*" (Galápagos El Fin del Mundo)". Como sugiere su título, este libro ya describe a las islas como un ambiente aislado, lejano y exótico. Ese libro produjo en el imaginario europeo y norteamericano la idea de que Galápagos es un paraíso distante y atractivo, fue traducido a varias lenguas y se volvió en un libro muy popular. Su traducción al noruego motivó a varias familias a ir a las islas para crear empresas y vivir lejos de los problemas de la civilización europea. Tras llegar a un trato con el gobierno ecuatoriano, los noruegos intentaron establecer empresas agrícolas y pesqueras. Después de varios años de intentos fallidos las empresas quebraron y, decepcionados muchos de los que en ellas participaron, retornaron a su tierra natal. Otros se quedaron en algunas de las islas. Los noruegos trajeron a las islas el método del seco y salado que, hasta el presente, se utiliza en la preparación del bacalao para su preservación y envió a la parte continental, donde es utilizado en la elaboración de la fanesca durante semana santa.

Después de Beebe, las Galápagos se convirtieron, en el imaginario occidental, en un lugar maravilloso para ver la naturaleza en su estado más primario, para observar cómo se desarrolla la evolución, para entender la vida. Revistas científicas de divulgación popular como la *National Geographic* han sido en gran medida las que han dado el renombre a las islas. De todos los visitantes, el navegante de veleros Irving Johnson fue quien continuó durante más tiempo visitando el archipiélago y, por medio de artículos en la "*National Geographic*", fue parte de la creación de las Galápa-

gos como un lugar espectacular y natural. En esa revista, un artículo de Roger Toy titulado "*Eerie Cradle of New Species*" representa a las Galápagos como el lugar donde la paradoja entre muerte y creación se la puede observar con mayor realismo e intensidad.

En 1920 arribó el Dr. Charles Haskin Townsend quien, auspiciado por la New York Zoological Society y el US Bureau of Fisheries, tenía como objetivo conseguir suficientes tortugas para llenar los zoológicos que se pensaban establecer en Florida, New Orleans, Houston, San Antonio, Bermuda, Honolulu, y Sydney. Se recolectaron, con la ayuda de veinte colonos de Villamil, 180 tortugas en el Sur de Isabela. En Floreana, donde la especie había ya desaparecido en 1848 en la época de los balleneros y posiblemente debido a que constituían parte de la dieta de los colonos, la expedición obtuvo únicamente 12 caparazones de la especie ya extinta. Otros poderosos empresarios de la época llegaron a Galápagos en sus veleros, como es el caso de Vicent Astor y de William K. Vanderbilt. Este último llegó en Galápagos en 1926 en su lujoso velero de 70 ms, el Aca, para realizar investigación oceanográfica y aumentar las colecciones existentes en museos y zoológicos norteamericanos. Las tortugas que extrajo de Duncan terminaron en el Zoológico de Nueva York. Unos años más tarde, cuando Astor llegó junto con el científico Townsend en el yate Norma, no encontró en la Isla Duncan ni un solo ejemplar de tortuga.

En 1929, una expedición del Field Museum de Chicago llegó en el yate Illyria, cuyo dueño era Cornelius Crane. Al no poder encontrar tortugas gigantes en Floreana ni en Santa Cruz, terminaron comprando algunas al remanente de colonos noruegos. Uno de los más influyentes viajes fue el del empresario y naturalista capitán Allan Hancock, quien arribó en el bote Oaxaca y observó las erupciones en Fernandina. Junto con un grupo de hombres de su expedición, sacaron las iguanas terrestres de Seymour Norte para ubicarlas en Baltra. Además de estas expediciones científicas, otras embarcaciones llegaron a Galápagos con el propósito de realizar pesca deportiva, buscar tesoros perdidos y escapar de la civilización occidental. El deseo obsesivo de coleccionar especímenes que tenían los científicos de la época, hacía que ignoraran y minimizaran las preocupaciones que, desde Darwin, algunos de ellos ya estaban expresando sobre la desaparición de las especies y la necesidad de conservar los lugares. El matrimonio entre la ciencia y la conservación, que sería tan importante para el desarrollo de las islas a nivel científico y social, no se había aún establecido.

Evolución y conservación, Galápagos en el siglo XX

Como hemos visto, hasta el siglo XIX y los inicios del XX, era común que los científicos fuesen indiferentes ante los problemas de la conservación de las especies e incluso algunas de las expediciones científicas contribuyeron a la desaparición de un par de especies. Basta recordar que Darwin clasificaba las tortugas en base a su tamaño, la forma del caparazón y su sabor, que los miembros de la expedición financiada por Sir Walter Rotschild sacrificaron posiblemente la última compañera del Solitario Jorge (Nichols 2006) y que la expedición del CAS llevó más de 10,000 especímenes de animales. Si bien es cierto que ya desde el siglo XIX varios científicos habían demostrado su preocupación por lo que ocurriría con diferentes especies, es recién a mediados del siglo XX que científicos en distintos lugares del mundo empiezan a preocuparse por el estado del planeta y de las especies que estudian. Los estudios más importantes sobre la evolución en el archipiélago durante la primera mitad del siglo XX fueron los realizados por David Lack, durante la década de 1940, quien más de cien años después de la visita de Darwin intentó aclarar los patrones de distribución de estas aves y la importancia de dichos patrones para la teoría de la evolución. Después de haber estudiado en la Universidad de Cambridge, dejó su trabajo en una escuela para ir a Galápagos y dedicarse a estudiar el comportamiento de los pájaros. A diferencia de muchos científicos que le precedieron, no llegó en grandes barcos como parte de una expedición bien financiada, sino en cargueros que llevaban a Galápagos comida, ropa y otros productos que necesitaban los colonos. Durante la Segunda Guerra Mundial fue parte del ejército inglés y trabajó en investigación de radares, conocimiento que más tarde le serviría para estudiar la migración de las aves. A pesar de ser un gran investigador de los procesos biológicos y evolutivos fue un ferviente creyente, incluso escribió libros sobre la religión y análisis de las distintas creencias. Tras la publicación de su libro sobre los pinzones, Lack se convirtió en un cristiano bastante fundamentalista sin, aparentemente, tener problemas ni conflictos ideológicos entre sus ideas evolucionistas y sus convicciones religiosas (Larson 2002).

Lack fue quien dio el nombre de pinzones de Darwin y popularizó a estos pequeños animales de las Galápagos. Después de sus escritos, los libros de texto de biología empezaron a utilizar los árboles filogenéticos de los pinzones de Darwin como un estándar para ilustrar los procesos de radiación adaptativa. Contribuyó así a la creación de un dogma y una

narrativa mal documentada sobre la historia de los descubrimientos de Darwin que ha sido parte de mitificación de las Galápagos en el imaginario popular del Occidente. Para Lack, como para Darwin, la competencia entre especies genera su divergencia de ancestros comunes. Su libro más importante es "*Darwin Finches*", del cual existen dos publicaciones de su trabajo y en cada una de éstas hace énfasis en distintos aspectos del proceso evolutivo. En la primera habla del pico de los pinzones como resultado de la diferenciación de las especies y la competencia entre ellas, y en el segundo como resultado de la adaptación a diferentes dietas.

Los estudios de Lack contribuyeron a la gran síntesis de evolución que se dio en esa época. Realizó inferencias ecológicas sobre la alimentación de los pinzones, basándose en el análisis del tamaño de sus picos, un tema que luego sería crítico para los esposos Grant y sus estudios sobre la evolución de los pinzones. Lack observó que en las islas altas se pueden ver dos especies de pinzones conviviendo, pues hay más oportunidades para que cada una de las especies se especialice en un tipo distinto de alimento. En estas islas pueden ser separadas fácilmente las dos especies en base a tamaño de la profundidad de sus picos. Donde hay dos especies de pinzones de tierra del género *Geospiza*, el mediano *G. fortis* y el pequeño *G. fuliginosa*, cada una se especializa en distintos alimentos. En cambio, en el caso de las islas bajas, donde solamente hay un ecosistema, existe solamente una de las dos especies, que tiene pico de un tamaño intermedio. Para Lack y otros científicos, esto demuestra la importancia del proceso de divergencia de los caracteres. Lack creó mapas de la distribución de las especies en el archipiélago para demostrar sus teorías. Durante el siglo XX, estudios de botánica demostraron que, al igual que ocurre en el caso de los pinzones de Darwin, las plantas del género *Scalesia* y *Opuntia*, entre otros géneros, constituyen un ejemplo de la capacidad de las especies de adaptarse a nuevos nichos cuando colonizan islas oceánicas.

Robert I. Bowman fue uno de los contrincantes académicos de Lack. Mantenía que las diferencias entre los pinzones se debían más que nada a procesos adaptativos directos que tenían que ver con el tipo de comida que existía en cada isla. Para él, cada tipo de pico era una adaptación específica a diferentes alimentos que se encuentran en cada una de las islas, al contrario de Lack, quien consideraba que muchas características pueden ser explicadas por el proceso de desplazamiento de los caracteres.

Bowman estaba convencido de que la adaptación directa a factores del medio explica la variación entre los pinzones. Cabe notar que esta controversia se da dentro del paradigma evolucionista darwiniano y que no existen ya visiones opuestas al darwinismo. Bowman también fue una de las figuras más importantes en cuanto a los inicios de políticas de conservación de las islas y la creación de la Fundación Charles Darwin y del Parque Nacional Galápagos.

Durante la década de los treinta y los cuarenta, científicos europeos, americanos y algunos ecuatorianos presionaron al gobierno ecuatoriano para la creación del Parque Nacional Galápagos. Preocupado por la paulatina desaparición de algunas especies de las islas, el conocido científico austriaco Eibel-Eibesfeldt, uno de los principales etólogos de la época y uno de los fundadores de la controversial disciplina de la etología humana, a su regreso de su viaje por el Pacífico, escribe una carta a la UICN sobre lo que él consideraba era el eminente peligro al cual estaban expuestas las especies de las Galápagos y la necesidad de que se estableciera una estación científica permanente en las islas. Siguiendo una tradición iniciada por Humboldt, Eibesfeldt era parte de un creciente interés a mediados del siglo XX en el estudio de los ecosistemas. La carta de Eibesfeldt llegó a los oídos de Julian Huxley, quien provenía de una importante familia de intelectuales británicos y era nieto de Thomas Huxley, el gran amigo y defensor de Darwin. Julian Huxley, quien fue el primer director de la UNESCO y uno de los fundadores del World Wildlife Fund (WWF), gestor de varios parques naturales en África en áreas donde las enfermedades tropicales habían impedido la presencia humana, luchaba una cruzada personal por el darwinismo y la conservación. La defensa de las Galápagos se convirtió en parte de su lucha. Para él, más que una ciencia, el darwinismo constituye un código moral y nos ayuda a comprender el destino de la humanidad y el mundo natural al conectar el progreso, la ciencia y la biología evolucionista. Debido a su poder e influencias, Huxley logró que la UNESCO se interesara en temas de ciencia y conservación. Huxley además vio con perspicacia que las Galápagos se convertirían en un centro de turismo de naturaleza (Larson 2002). Consideraba que los parques naturales eran una buena manera de lograr la educación de las personas por medio de su visita a estas áreas. Huxley, además, junto con Mayr y otros científicos, fue uno de los gestores de lo que se ha llamado la gran síntesis neo darwiniana, donde la genética y las ideas darwinianas se unen para lograr un nuevo modelo que explique la evolución biológica. Fue uno de los creadores de la etología, el estudio

del comportamiento animal. Un norteamericano que se interesó por el destino de las Islas fue Robert Bowman, quien al regreso de su viaje de investigación escribió otra carta a la UICN sobre los peligros y amenazas que las Galápagos estaban experimentando (Larson 2002).

Los estadounidenses, cuyo ejército había estado apostado en Baltra durante parte de la Segunda Guerra Mundial, no querían dejar de ser parte de este esfuerzo para estudiar y conservar las islas y crearon, después de la guerra, un panel de discusión sobre temas del Pacífico. Este panel, dirigido por el conservacionista Coolier, quien recientemente había dejado su puesto como vicepresidente de la UICN para dedicarse a establecer parques naturales alrededor del mundo como parte de la recién creada comisión para parques naturales de la UICN, sugirió que se convirtiera la base abandonada de Baltra en una estación científica. Sin embargo luego de que el gobierno del Ecuador reclamara la base para sus propios usos militares, se buscó otro lugar donde crear un centro que una la investigación científica con la conservación.

La UNESCO envió en 1956 a Robert Bowman y Eibl-Eibesfeldt para que hicieran un reporte de la situación de las islas. Ellos comentaron sobre la presión que ejercían los 2000 habitantes que en ellas vivían. El grupo estuvo más de cuatro meses en las Galápagos, navegando en un barco de la Armada Nacional. Bowman, en su reporte, indicó los peligros que representan el gran número de migrantes y las especies introducidas que cada año llegan a las islas. Tras este reporte científicos europeos, estadounidenses y ecuatorianos realizaron un pedido al gobierno ecuatoriano para que se cree el Parque Nacional Galápagos (PNG) que estaría asesorado por una estación científica. En 1959 el gobierno determinó que el 97% del archipiélago sea zona protegida, el mismo año en el que se celebraban los 100 años de la publicación de “El origen de las especies”, y se fundó la Estación Científica Charles Darwin. Escogieron la bahía académica como un lugar ideal para poner la estación. Con fondos de la UNESCO, la WWF, el gobierno de Estados Unidos y la Sociedad Zoológica de Nueva York, se inició la construcción de los primeros edificios en la bahía académica en 1960 (Larson 2002).

La visión sobre la relación entre la ciencia y conservación había cambiado. Ya no se consideraba que la mejor manera de proteger las especies y de estudiarlas fuera recolectarlas y llevarlas a los museos, zoológicos y colecciones privadas. Se iniciaba un nuevo tipo de ciencia y de científicos que consideraban importante el estudio prolongado de las especies en

su estado natural. En la primera mitad del siglo XX, la evolución empezó a ser vista cada vez más como un proceso dinámico que requería el estudio de la geografía para entender los procesos y las transformaciones. Era la época en la que se iniciaba la televisión a color y las imágenes de los animales de Galápagos fascinaban a un público occidental ávido de naturaleza y aventura. Varios equipos de filmación, incluyendo a Walt Disney, fueron a las islas a capturar su naturaleza en los años sesenta. Con escenas bien editadas, estas películas generaban la idea de una naturaleza armónica y tranquila.

La matanza de tortugas por parte de la población local y la transformación del ecosistema eran la mayor preocupación de los conservacionistas, quienes culpaban de los destrozos a una población ignorante. La creación de la Estación Charles Darwin permitió a los científicos no solo tener una base que les apoye para realizar sus investigaciones, sino que además les permitió que se generaran políticas y estrategias para la conservación de las islas. Durante esta época, el interés por Galápagos como laboratorio natural crece. Se puede decir que más científicos han estudiado las Galápagos que ningún otro archipiélago, con la posible excepción de Hawai, y que posiblemente Galápagos sea el lugar más estudiado del mundo en relación a su área (Larson 2002). El ornitólogo de Princeton Robert Bowman, comentó en 1983 que ningún área de ese tamaño ha sido responsable por cambios más profundos en cuanto a la percepción del ser humano de nosotros mismos y de nuestro medio ambiente como las Galápagos.

En la segunda mitad del siglo XX fueron desapareciendo las grandes expediciones de coleccionistas y científicos que extraían de las islas miles de animales y plantas. Conforme las islas se hacían más accesibles a los viajeros internacionales, aumentaron el número de investigadores que iban a realizar sus estudios en ellas. Una de las últimas expediciones de científicos fue la que llegó a Galápagos después de la creación de la Estación y el PNG. Fue una gran grupo de científicos californianos, cincuenta investigadores del Norte de California y financiados por la National Science Foundation (NSF), que llegó a las Islas en 1962 a bordo del *Golden Bear*, una embarcación de más de 400 pies. Con una gran celebración en Puerto Ayora, los tripulantes e invitados especiales que llegaron del continente celebraron el inicio de las actividades científicas y conservacionistas en las islas. La expedición coleccionó insectos y plantas, pero ya no especies raras y amenazadas, pues éstas se estudiaron *in situ*.

En el campo de la ciencia, el siglo XX vio la consolidación del modelo neo-darwiniano, lo que se denominó la gran síntesis de la biología moderna. También fue el siglo que vio la creciente influencia de la genética como una ciencia que ayudara a explicar y entender los procesos evolutivos. La genética y los estudios de ADN mitocondrial y el descubrimiento del reloj biológico ayudaron a la creación de árboles filogenéticos. Estas y otras herramientas de las ciencias de la genética que se desarrollaron tras el anuncio de Watson y Crick en 1953 de haber descubierto la estructura del ADN, nos permiten conocer cuáles son las relaciones entre las especies del árbol de la vida que ya había sido representado por Darwin en sus diagramas y además les otorga fechas de nacimiento a las distintas especies.

Como hemos visto, a inicios del siglo XX ya la teoría de la evolución había sido aceptada por la mayoría de científicos. Sin embargo, existían y existen todavía varias disputas sobre los mecanismos exactos de cómo funciona la evolución. Siguen llegando a Galápagos científicos, quienes utilizando las nuevas herramientas y conocimientos como la genética buscan esclarecer los detalles de cómo funciona la evolución. Varias décadas de arduo trabajo e investigación científica de siete generaciones de biólogos post darwinianos lograron consolidar la reputación de las Galápagos como un laboratorio natural y un lugar ideal para el estudio de los procesos evolutivos.

Los esposos Grant y los mecanismos de la evolución

Durante la segunda mitad del siglo veinte, la ciencia sobre la evolución en Galápagos estuvo dominada por los esposos Rosemary y Peter Grant, profesores de Princeton, quienes se han dedicado desde 1973 al estudio de la evolución de manera detallada y han analizado procesos descritos por Darwin, como son los de radiación adaptativa, la competencia intra e inter-específica, el desplazamiento de caracteres y la hibridación. Los Grant, al igual que Lack, siguen intrigados por una de las preguntas fundamentales que hizo Darwin hace más de cien años: ¿cuáles son las fuerzas que llevan a la creación de nuevas especies?, ¿qué papel juega la selección natural en los cambios y transformaciones de los organismos?. Los biólogos conocen que, para que se formen nuevas especies, el aislamiento físico es generalmente uno de los factores esenciales, pues

detiene el flujo de genes y, de esta manera, las especies se van diferenciando entre ellas. Una vez que un animal o planta llega a las Galápagos, existen varios procesos que los hacen diferentes de sus ancestros. Uno es el “efecto fundador”, que se refiere a que el pequeño grupo de animales que originalmente coloniza una isla no representan la totalidad de los genes de la población madre. Con el tiempo, este grupo de genes que llegó a la isla por azar se irá diferenciando más y más de la población originaria. Los científicos, como los Grant, han estudiado en Galápagos y otros lugares que, además del aislamiento físico, pueden haber otros factores como el comportamiento y la atracción sexual que disminuyen el flujo de genes entre subespecies hasta llegar a evitar que se vuelvan a mezclar. En el caso de los pinzones, Rosemary Grant ha estudiado la importancia del canto como un factor que impide que se crucen especies distintas.

En la actualidad, la mayoría de autores consideran que existen 14 especies de pinzones de Darwin en Galápagos, y una décimo quinta que vive en Las Islas de Cocos. Existen dos grandes grupos de los pinzones y una serie de grupos menores. Unos son los pinzones de tierra y el otro grupo importante son los pinzones de árbol con cinco especies, dos de las cuales son el pinzón artesano y el pinzón de manglar. Este último tiene una población total de unos 100 individuos. Estos pinzones, como vimos anteriormente, han desarrollado distintas formas y adaptaciones, ocupando de esa manera nichos que, en el caso del continente, lo ocupan diferentes familias de pájaros más especializadas. El pinzón artesano y el de manglar, por ejemplo, han desarrollado la habilidad de tomar ocasionalmente una espina de cacto o una ramita para poder capturar larvas del interior del tronco de árboles como si fueran pájaros carpinteros. De todas estas adaptaciones, quizás las más sorprendentes son las de los pinzones de pico agudo, que en la Isla Wolf han desarrollado la costumbre de herir a los piqueros y otras aves marinas en la parte posterior y extraer sangre de la cual se alimentan, convirtiéndose en pinzones vampiros.

Daphne Mayor, donde los esposos Grant han realizado la mayor parte de sus investigaciones, es una pequeña isla que se encuentra al noroeste de Santa Cruz. Llegaron a la isla en 1973, cuando eran profesores en la Universidad de McGill, en Canadá y consideraron que la isla era un sitio ideal para estudiar los procesos de selección natural que modifican la morfología y la genética de los pinzones, ya que es una isla pequeña y, desde el punto de vista de los pinzones, bastante aislada. Daphne, una isla que no ha sufrido mucho por la intervención del ser humano, es un lugar ideal

para los estudios de la evolución donde se puede identificar con cierta facilidad las variables que uno quiere analizar. Desde entonces, en esta isla no habitada, los Grant acamparon durante años desde diciembre o principios de enero hasta mayo o junio, cuando concluye la anidación de los pinzones, con sus dos hijas y acompañados de sus estudiantes graduados. Con un trabajo meticuloso y detallado, los Grant han llegado a documentar la manera en la cual los cambios en precipitación y los consecuentes cambios en las fuentes de alimentación, en especial cambios en la abundancia y tipos de semillas, determinan cuáles de los individuos prosperan, y para lo cual han tenido que marcar a todos los pinzones de la isla y medir el tamaño de sus picos. Año tras año, los profesores Grant y sus alumnos han llevado un registro meticuloso de los datos sobre los pinzones (Weiner 1994).

Cuando los Grant llegaron por primera vez a Daphne Mayor, vivían y se reproducían dos especies de pinzones en esa pequeña isla, los cuales ocupaban nichos diferentes. El pinzón de tierra mediano (*Geospiza fortis*), come semillas de diferentes plantas y puede comer hasta semillas grandes y difíciles de abrir; y el pinzón de cactus (*G. scandens*) come también semillas, pero además flores del cactus e insectos. Antes de que establezca *G. magnirostris* en la isla, durante las épocas secas, cuando predominan las semillas grandes y duras de *Tribulus*, un arbusto adaptado a desiertos, son los individuos más grandes de *G. scandens*, y *G. fortis* a los que les va mejor. En general, durante los años secos, los pinzones se reproducen mucho menos y, en algunos casos, no se reproducen en absoluto. En 1977, cayeron apenas 24 milímetros de lluvia y, para 1978, la población de *G. scandens* había decrecido en un 66% y la de *G. fortis* en un 85%. En otras palabras, durante la época seca, la mortandad fue alta para las dos especies y en el caso de los pinzones más pequeños la mortandad fue incluso mayor (Weiner 1994). En cambio, en las épocas de lluvia, y en especial cuando viene El Niño, hay muchas semillas, insectos, flores y por lo tanto mucho alimento. Predominan las semillas pequeñas, por lo tanto la población de pinzones aumenta rápidamente ya que se reproducen mucho más frecuentemente. Los pinzones tienen comida en abundancia, son más activos sexualmente y tienen muchas más crías. Incluso algunas veces se reproducen el mismo año en el cual nacen, un record para los passeriformes. Durante el niño de 1982-83, los Grant llegaron a documentar un pinzón de cacto en Genovesa que se reprodujo seis veces en un año.

En esta competencia por semillas pequeñas y suaves, la eficacia de los pinzones de la especie más pequeña y de bajo consumo se impone y son los *G. fortis* los que sobreviven mejor. Durante los primeros años de los Grant en Daphne, habían llegado pinzones de tierra grande (*G. magnirostris*), pero no habían establecido ninguna colonia. En ese año una pareja de *G. magnirostris* llegó, se estableció y empezó a tener descendientes (Weiner 1994). La presencia de esta especie ha significado cambios en el tamaño de los picos y la forma de otras especies de pinzones que vivían en Daphne. En ausencia de una población permanente de *G. fuliginosa*, hay un desplazamiento de características de parte de *G. fortis* el pinzón de tierra pequeño, que come semillas chicas, hacia las formas de pico más pequeñas para ocupar parte del nicho que en otras islas lo ocupa *G. fuliginosa*. Algo similar ocurrió años más tarde cuando los números de *G. magnirostris* aumentaron hasta el 2003, debido a nuevos inmigrantes. En los años 2003 y 2004 cayó poca lluvia y la reproducción de ambas especies (*fortis* y *magnirostris*) declinó de manera significativa. En el caso de *G. fortis* hubo una fuerte selección en contra de individuos con picos grandes. En otras palabras, cuando entra *magnirostris* existe presión para que el pico de *fortis* se reduzca pues no puede competir con *magnirostris*. Para los Grant, esta evidencia es muy importante, pues constituye una prueba clara de que existe el desplazamiento de caracteres entre los pinzones. Es una idea que ya había sido presentada por Lack a inicios de siglo, pero que recién los Grant pudieron comprobar científicamente.

Al contrario de estos mecanismos de diferenciación entre especies, fuerzas centrífugas biológicas, también existen mecanismos centrípetos que hacen que las especies se mantengan similares. Este es el caso de los procesos de hibridación que hace que las líneas que se separan se unan y que hace que estas especies se vuelvan cada vez menos definidas. En general, los híbridos resultan de la mezcla entre distintas especies y muchas veces no son muy exitosos, como es el caso de las pocas iguanas híbridas infértiles que hay en Plaza Sur, mezcla de iguanas marinas y terrestres. Sin embargo, no podemos decir que siempre que dos especies distintas se cruzan inevitablemente tienen descendientes infértiles. En el caso de Daphne, donde viven ahora tres especies de pinzones, se están observando procesos de hibridación entre ellas. A los híbridos entre estas tres especies les va mal durante las épocas con poca lluvia y sus números disminuyen. Sin embargo, después de El Niño 1982-1983 los híbridos prosperaron y les va incluso mejor que a los no híbridos (Grant 2006). Estudios como los de los Grant y sus alumnos nos hacen pensar

que los híbridos son más comunes que lo que se pensaba y, lejos de ser anomalías, podrían constituir parte importante de los procesos evolutivos. Estos estudios nos sugieren además que las fronteras entre especies no son fijas y estables. Los híbridos pueden ser muy exitosos, parecen ser una importante manera de introducir nuevos genes en las especies existentes y podrían resultar a la larga incluso en nuevas especies (Grant 2006).

El estudio de los Grant en Galápagos se ha convertido en uno de los pocos estudios a largo plazo que demuestra de manera fehaciente el rol de la selección natural en el cambio evolutivo. Las Galápagos nuevamente parecen ser el escenario de avances importantes en nuestro entendimiento de los procesos evolutivos de la vida. Uno de los cambios más importantes, resultado de los estudios de los Grant, es que ya no se habla de las Galápagos como un lugar donde aspectos generales de la teoría de la evolución son explorados, sino que se convierte en un lugar donde los detalles de dicha teoría pueden ser examinados. El hecho de que el número de variables en *Daphne* es relativamente pequeño, hace más controlable al lugar y más factible de ser utilizado como un laboratorio biológico en el cual se toman medidas exactas y se hacen estudios detallados en ambientes en los cuales las principales variables son conocidas y analizables. Debido a estos procesos de hibridización que los Grant han descrito magistralmente en el caso de los pinzones de Galápagos, la metáfora del árbol de la vida que nos viene de Darwin se vuelve menos apropiada. Parece más un arbusto que un sistema radicular, o un coral de la vida, con miles de conexiones, y, en el caso de algunas plantas y animales, las ramas y los troncos se separan y se vuelven a unir, haciendo que las especies sean ahora menos estables.

Estudiando estos pinzones, los Grant han logrado producir uno de los estudios mejor documentados sobre los mecanismos exactos cómo funciona la evolución. En el proceso, han reafirmado a Galápagos a nivel mundial como un laboratorio natural donde estudiar dichos procesos. Los cambios en las condiciones del medio generan, no solamente cambios en la proporción de las distintas especies, sino que también dentro de cada especie existen cambios en cuanto al tamaño del pico de los pinzones que sobreviven. Variaciones constantes en la proporción de individuos con distintos tamaños de picos, de continuar las condiciones ambientales que las causaron, resultan en cambios en la estructura genética de toda la población. Se puede entonces hablar de un proceso

evolutivo. Pero generalmente la evolución no ocurre de manera lineal y las condiciones ambientales fluctúan entre épocas secas a épocas de lluvia y los picos, por esta razón, no varían en una dirección determinada. Los procesos de cambios en la frecuencia de las distintas formas de los picos son constantes, oscilatorios y no direccionados. Otra contribución importante que han realizado los Grant son sus estudios genéticos en los cuales conectan el medio ambiente con sitios específicos en el ADN. Peter y Rosemary Grant han documentado la manera cómo los genes se han modificado respondiendo a factores ambientales. Así, han efectuado un estudio pionero que logra determinar estas relaciones en condiciones naturales. Incluso han llegado a hacer algunas predicciones sobre los cambios que se van a dar en el tamaño del pico de los pinzones con relación a las fluctuaciones en el clima. La evolución como paradigma que explica las transformaciones de las especies y los organismos adquiere de esta manera un nuevo nivel de formalidad pues logra ya generar ciertas predicciones, una vez que se conoce bien el sistema y las condiciones ambientales claves.

El desarrollo de las matemáticas, la estadística, la genética y la informática permite a los Grant y a los científicos modernos analizar los procesos evolutivos y llegar a conclusiones ciertas sobre estos procesos, algo que en la época de Darwin e incluso de Lack eran en gran medida especulaciones. Utilizando todas estas herramientas, los Grant han logrado determinar con gran precisión a qué nivel se están dando los cambios en el genoma de los pinzones. Gracias al uso de todas estas herramientas, los Grant comprueban científicamente muchas de las observaciones de Darwin: que los organismos cambian constante y lentamente, que buscan espacios y oportunidades en base al contexto ambiental en el cual se encuentran. Lo hacen de una manera darwiniana, mecánica e inconsciente, sin tener un plan, ni deseos, ni dirección. Se trata de un proceso ciego. La evolución es la creación constante de diseños nuevos en base a la variación generada al azar por efectos en parte de las mutaciones, pero principalmente debido a la precombinación genética y a la introgresión o al paso de genes de una especie o población a otra mediante la hibridación. Las formas y morfologías que vemos entre los seres vivos no son el resultado de un proceso de suplantación de una forma por otra, de manera direccionada. Tampoco son una mejoría constante, ni manifestaciones inmutables, reflejo de un orden divino.

Doscientos años después del nacimiento de Darwin y ciento cincuenta años después de la publicación del “Origen de las Especies”, las Galápagos nos siguen demostrando el poder de las ideas de Darwin para explicar la evolución de la vida. Podemos entender los procesos de evolución y adaptación y cómo estos están generando formas tan únicas y originales de los animales y plantas que hoy vemos en las islas. Los pinzones, superestrellas del mundo de los estudios de la evolución, no son los únicos animales de Galápagos que han apoyado a los científicos en la investigación de dichos procesos. Los reptiles de Galápagos también han sido objeto de muchos estudios para entender los procesos evolutivos que determinan sus formas tan únicas. Existen dos tipos de iguanas en Galápagos: las marinas y las terrestres. Las iguanas terrestres del género *Conolophus* (ahora se reconocen tres especies de iguanas terrestres, tras el reciente descubrimiento de una especie rosada en Isabela), tienen una cola corta y más redonda que las de las iguanas marinas, la cual les es útil en tierra, entre otras cosas, como apoyo cuando tienen que erguirse en sus dos extremidades para alcanzar las partes verdes de las plantas como las opuntias, un tipo de cactus que, en algunas islas, han evolucionado hasta asemejarse a árboles. A diferencia de las iguanas terrestres de la parte continental, las cuales pueden correr sin tener que arrastrar su cuerpo, lo cual les permite que se desplacen a gran velocidad, las iguanas terrestres de Galápagos no pueden extender sus patas y, por ello, no pueden levantar su cuerpo para desplazarse con velocidad. Se explica este comportamiento porque la velocidad no es tan importante en las islas pues, aparte del gavián, que no puede con un macho adulto, no existen predadores terrestres rápidos y fuertes como en la parte continental.

Las iguanas marinas, en cambio, se han logrado adaptar a su vida en el intermareal, un ambiente hostil, difícil y peligroso donde los organismos, además del oleaje, tienen que sobrevivir al constante cambio de temperaturas, salinidad y presión. Muchas de estas adaptaciones no son sino utilización de aspectos de su morfología y fisiología que comparten con otros reptiles y que les permiten a los machos adultos nadar para buscar su sustento a profundidad de unos cuatro a cinco metros. Las glándulas que se sitúan sobre sus ojos les permiten secretar el exceso de sal que obtienen de sus alimentos y de la ingestión accidental. Su color negro y su comportamiento gregario cuando descansan en la tarde les ayudan a calentarse después de sus chapuzones en las aguas ricas y frías que resultan de los grandes afloramientos marinos. Sus colas que usan para nadar, sus garras para agarrarse de las rocas, son adaptaciones que les permiten

sobrevivir en el ambiente hostil del intermareal. Otras son adaptaciones de estos animales endémicos muy específicas de esta especie. Entre estas, está la que les permite a las iguanas marinas vivir durante las épocas de poco alimento, cuando viene un “Fenómeno el niño”. Las algas verdes y rojas, que son el alimento de las iguanas, son digeridas gracias a una serie de bacterias que viven en sus intestinos y que han coevolucionado en su estómago. Durante los eventos del Niño, este tipo de algas de las cuales se alimentan las iguanas disminuyen y aumentan otras algas, las pardas, menos digeribles para las iguanas marinas. Durante esta época, más del 60% de la población de las iguanas puede morir de hambre. Para adaptarse a estas condiciones, las iguanas se encogen hasta en un 20% y así pueden ser más eficientes para pasar estos momentos de hambre y lograr sobrevivir con menos alimentos. Martin Wikelsky, quien realizó estudios durante ocho años de las iguanas en Santa Fe y en Genovesa, ha descubierto que esta adaptación se basa en su capacidad de reducir zonas de cartílagos, coyunturas y huesos. Cuando viene la época fría de La Niña, llegan aguas frías y ricas en nutrientes que trae la corriente de Cromwell que llega del oeste y la de Humboldt que viene del este. Con estos enormes afloramientos que acarrearán consigo nutrientes del fondo del mar, las iguanas empiezan a crecer nuevamente y recuperan su tamaño original. Esta capacidad asombrosa, que no ha sido descrita para ningún otro animal, es un ejemplo más que nos brinda las Galápagos de cómo factores específicos determinan el diseño sin que exista un diseñador.

Siglo XXI, genética y evolución.

Desde su creación a mediados del siglo XX, la Fundación Científica Charles Darwin ha tenido un papel muy importante en la investigación, tanto por el apoyo que ha brindado a científicos internacionales como por las investigaciones que han realizado con el fin de salvaguardar las especies y los ecosistemas del archipiélago. A finales del siglo XX, un cambio importante se registra en las investigaciones sobre Galápagos y hay una explosión de la investigación de temas sociales y sobre el creciente número de personas que vive en Galápagos. En el siglo XXI, para los científicos interesados en la evolución, la genética promete ser lo que los fósiles fueron durante el siglo XX. Sin duda, los análisis genéticos serán una fuente importante de información. Los estudios genéticos de ADN mitocondrial, un órgano de la célula que genera la energía del cuerpo y cuyo contenido

genético lo heredamos de nuestras madres, nos permiten conocer más sobre la historia de las especies que pueblan las islas.

Mientras más tiempo transcurre desde el momento en que dos especies se separaron, más diferentes serán los ADN mitocondriales de las especies. La idea es que los cambios ocurren de manera constante, lo cual nos permite determinar el tiempo que ha transcurrido desde que dos especies se han separado. Los análisis de ADN mitocondrial nos ayudan a establecer con mayor exactitud los árboles genealógicos, que fueron elaborados de manera rápida por Darwin en sus notas en base a las formas de las especies actuales. Empezamos a tener una mejor idea de cuánto tiempo ha transcurrido desde que las especies de tortugas y de iguanas se separaron de sus ancestros comunes. Sin embargo, conforme ésta y otras técnicas de la investigación genética proporcionan nueva información, surgen nuevas preguntas. Por ejemplo, la investigación, tanto con aminoácidos como con ADN, demuestra que las iguanas marinas se separaron de sus ancestros hace entre 12 y 15 millones de años, antes de la existencia de las especies actuales. Esta aparente incongruencia de los datos geológicos y genéticos se la podría explicar debido a que las iguanas evolucionaron en islas que se hundieron conforme la placa de Nazca avanza hacia el Este. Otra incógnita que nos traen los nuevos estudios genéticos tiene que ver con las tortugas gigantes. Existen dos poblaciones distintas en Santa Cruz, de género *Geochelone*, pero en el 2005 estudios genéticos de parte de científicos de la Universidad de Yale han determinado que las diferencias entre las dos poblaciones son tan significativas que se debería de revisar toda la taxonomía de las tortugas. El grupo de Yale encontró que de las cuatro tortugas del Volcán Wolf en Isabela, tres estaban relacionadas cercanamente a tortugas de Española y una a las de San Cristóbal. ¿Cómo llegaron hasta allá, de tan lejos, estas tortugas? ¿Por qué no están emparentadas de manera más cercanas a las tortugas que viven en islas vecinas y próximas como Santiago? ¿Cómo es que las especies de tortugas de ciertas islas, como algunas de las de Isabela y de Pinta, como el famoso Solitario Jorge, parecen estar asociadas con las de islas distantes como Española? Una posibilidad podría ser que la distribución actual de las tortugas se deba a que los piratas y los balleneros tomaban las tortugas para llevarlas en sus barcos y de ellas alimentarse. Pero otros piensan que se puede explicar esta distribución de genes por las corrientes marinas que pudieron haber arrastrado a las tortugas a las distintas islas. También en el caso de las iguanas han surgido nuevas preguntas con los exámenes genéticos. Las ideas de Darwin y las

nuevas herramientas como los computadores y la secuenciación genética nos llevan por caminos más tortuosos e interesantes que la simple lógica deductiva. Muchos de los estudiantes de los Grant se han convertido en figuras del mundo de la evolución. Quizás algunos de los más conocidos son Trevor Price, Dolph Schluter y Peter Boag, quienes han desarrollado métodos estadísticos para cuantificar procesos y factores involucrados en la especiación y la evolución de características bajo selección natural y selección sexual.

Cada vez más académicos galapagueños están investigando temas relacionados a la evolución y la conservación de las islas. Un estudiante de los Grant en Princeton es Carlos Valle, ahora profesor de la Universidad San Francisco de Quito, quien creció en Puerto Ayora cuando el pueblo no era más que un grupo pequeño de casas con calles de arena y lava. Carlos fue el primer galapagueño en obtener un Ph.D. Estudia los cormoranes no voladores, un ave maravillosa y única en el mundo que, en su evolución, perdió su capacidad de volar. Existen poco más de 1000 ejemplares y todos ellos viven en las costas oeste de Isabela y Fernandina, donde bucean a una profundidad comprobada de casi 80 metros. Eso es parte de su estrategia adaptativa para conseguir los diferentes animales marinos que sobreviven gracias a los afloramientos de Cromwell, las cuales afloran y convierten a las áreas superficiales en sopas de plancton y de vida. Es en estas condiciones de las Galápagos donde existe una gran riqueza marina y donde no hay depredadores que hagan peligrar a los adultos, que las aves se pueden dar el lujo de volverse no voladores. El gigantismo y la pérdida de la capacidad de volar son características comunes de las aves en muchos hábitats isleños. En el caso de estos cormoranes, su gran tamaño puede ser una adaptación que les permite bucear a gran profundidad en estas aguas ricas, pero frías. Es por esta razón, explica Carlos, que sólo se encuentran en ciertos lugares de las islas donde existe una constante y permanente existencia de alimentos. Otro galapagueño, Hernán Vargas, quien ha obtenido un Ph.D. de Oxford, ha realizado estudios sobre los cormoranes y otras aves que nos ayudan a entender mejor los procesos biológicos y evolutivos que están ocurriendo constantemente en las islas. De esta manera, poco a poco, vemos cómo ya nativos de Galápagos han empezado a obtener doctorados y están haciendo investigación de punta sobre temas relacionados a la evolución de las especies. Marilyn Cruz, por ejemplo, estudia las enfermedades de los lobos marinos, y su hermano Felipe realizó durante muchos años trabajos de la ciencia de la conservación para la Estación Científica Charles Darwin.

La fama de Galápagos como un laboratorio natural se ha convertido, paradójicamente, en una seria amenaza para los ecosistemas que brindan las condiciones para que los científicos exploren la validez de sus teorías. Cuando Darwin visitó las Islas, vivían apenas unas cuantas decenas de personas. Ahora, viven unas 25,000 personas y, en el 2008, atraídos en parte por el legado del mismo Darwin y sus estudios, visitaron el archipiélago más de 170,000 turistas que constituyen, de acuerdo a la UNESCO, una de las amenazas más importantes a este mítico lugar y, paradójicamente, a las especies que inspiraron a Darwin y generaciones de evolucionistas después de él. Algunas de las personas que viven en Galápagos y que visitan el archipiélago son científicos y pensadores evolucionistas. Existen bustos y estatuas de Darwin, calles, centros de convenciones y fundaciones llevan su nombre. La Universidad San Francisco organizó en el 2005 la Cumbre de Evolución en San Cristóbal, la cual contó con la presencia de algunos de los más importantes evolucionistas de inicios del siglo XXI.

Doscientos años después del nacimiento de Darwin aún sigue el debate entre aquellos que consideran que el mundo fue diseñado por un ser supremo y los que consideran que evolucionó al azar, resultado de procesos físicos y químicos. Las mismas ideas creacionistas que en la época de Darwin se denominaban “Teología Natural”, regresan con nuevos nombres, como “Diseño Inteligente”, para tratar de cuestionar la idea de que pueda haber orden sin un diseñador inteligente. En Galápagos, están creciendo grupos religiosos que cuestionan y dudan de las ideas darwinianas, como los Testigos de Jehová, y que invitan a predicadores de la parte continental a hablar sobre la creación del mundo por un Dios Único y la falsedad que constituyen las ideas evolucionistas. Libros y folletos circulan entre los seguidores, donde se cuestiona la ciencia que, según ellos, falsamente sostiene que la evolución es una verdad interminable. Guías naturalistas explican a los turistas sobre las aves y reptiles, pero algunos son creacionistas y escuchan con escepticismo las enseñanzas de sus profesores en los cursos de guías y los argumentos del turista bien informado. Algunos pobladores ven con escepticismo o rechazo a la ciencia y a los científicos, a quienes, como veremos en un capítulo posterior de este libro, relacionan con los conservacionistas.

Las Galápagos, a través de las enseñanzas de Darwin y sus seguidores, nos han demostrado que lo interesante de los diseños de la naturaleza no está en su perfección, sino en sus imperfecciones, en el constante cambio

que permite la adaptación a diferencias sutiles. Entre los seres vivos, las formas representan la historia del esfuerzo diario por la supervivencia y son el resultado de millones de errores y pocos aciertos. La muerte, tanto como la vida, está reflejada en la forma, y la vida en Galápagos, gracias a su diversidad y los factores ambientales a los cuales está expuesta, demuestra tener gran resiliencia y capacidad adaptativa. El mensaje que nos dejan Darwin, Lack, los Grant, y cientos de esforzados científicos, y los aspectos físicos y biológicos de las Galápagos, es que si se le permite, la vida es creativa, busca constantemente oportunidades y ocupa espacios vacíos. Las Galápagos han sido el espacio en el cual las teorías y las hipótesis sobre la evolución han tratado de ser comprobadas o refutadas. Las islas, con su geografía, oceanografía y su biología, han inspirado a científicos a tratar de entender los procesos que se han dado durante cientos de miles de años y que explican la actual distribución de los distintos animales y plantas.

Bibliografía

Aguirre-Urreta B. And Vennari V. 2009 On Darwin's Footsteps Across The Andes: Tithonian-Neocomian Fossil Invertebrates From The Piuquenes Pass Revista De La Asociación Geológica Argentina 64 (1): 32 - 42 (2009)

Botkin, Daniel. 1990. Discordant Harmonies, A New Ecology for the Twenty First Century. Oxford University Press. New York

Darwin, Charles. 1969. The Autobiography of Charles Darwin, 1809-1882. Edited by Nora Barlow. Norton, New York.

Dawkins, R. 1996. The Blind Watchmaker: Why the Experience of Evolution Reveals a Universe Without Design. WW. Norton & Company, New York.

Dawkins,R. 2006. The God Delusion. Houghton Mifflin Harcourt, Boston.

Dennet, D. 1996. Darwin's Dangerous Idea: Evolution and the Meanings of Life. Touchstone Books, New York.

Gould, S. 1980. The Panda's Thumb : More Reflections in Natural History. W.W. Norton & Co, New York.

Grant, P. y Grant R. 2006, "Evolution of Character Displacement in Darwin's Finches," Science, 313[5784]:224-226, July 14.

Hickman, J. 1991. The Enchanted Islands: The Galapagos Discovered. Anthony Nelson Ltd; New Ed edition.

Keynes, R. 2003. Fossils, finches, and Fuegians : Darwin's adventures and discoveries on the *Beagle*. Oxford University Press, New York.

Larson, E. J. 2002. Evolution's Workshop: God and Science on the Galápagos Islands: God and Science in the Galapagos Islands. Basic Books, NY

Latorre , O. 1992. La Maldición de la tortuga: Historias Trágicas de Las Islas Galápagos. Gráficas Ortega. Quito.

Latorre, O. 1999. El Hombre en las Islas Encantadas: La Historia Humana de Galápagos. Producción Gráfica. Quito.

- Lurie E. 1959. Louis Agassiz and the Idea of Evolution Author(s): Source: *Victorian Studies*, Vol. 3, No. 1, Darwin Anniversary Issue, (Sep., 1959), pp. 87-108).
- McMullen, C. K. 1999. *Flowering Plants of the Galapagos*. Cornell University Press, illustrated edition edition, Ithaca NY.
- Nicholls, H. 2006. *Lonesome George : the Life and Loves of a Conservation Icon* London. Macmillan, New York.
- Otterman, L. 1993. *Clinker Islands: A Complete History of the Galapagos Archipelago*. McGuinn & McGuire Pub.
- Preston D. and Preston M. 2004 *A Pirate of Exquisite Mind: Explorer, Naturalist, and Buccaneer: The Life of William Dampier*. Walker Publication Preston Inc. NY.
- Quammen, D. 2006. *The Reluctant Mr. Darwin: An Intimate Portrait of Charles Darwin and the Making of His Theory of Evolution (Great Discoveries)*, Jul 31, 2006, W. W. Norton
- Shelton, A. 1994. *Cabinet of Transgressions: Renaissance Collections and the Incorporation of the New World*. In Ed. Elsner J & Cardinal R. *The Culture of Collecting*. Harvard University Press. Cambridge.
- Weiner, J. 1994. *The Beak of the Finch: A Story of Evolution in Our Time*. Vintage Books Edition, New York.
- Whittaker, Robert J. 1998 *The Human Impact on Island Ecosystems: The Lighthouse Keeper's Cat and Other Stories in Island Bioecography: Ecology, Evolution and Conservation* pp.228-256. Oxford University Press.

Tendencias de la investigación científica en Galápagos y sus implicaciones para el manejo del archipiélago¹

Tatiana Santander, José A. González,
Washington Tapia, Eddy Araujo y Carlos Montes

1. Introducción

Las áreas naturales protegidas constituyen uno de los instrumentos más eficaces para la conservación de la biodiversidad. Sin embargo, más allá de su declaración formal, la adecuada gestión de las mismas y el cumplimiento de sus objetivos de conservación sólo puede garantizarse si los gestores cuentan con la mejor información científica disponible que permita guiar y orientar la toma

¹ El presente artículo se deriva de la tesis de maestría presentada por Tatiana Santander para optar al título de Máster en Gestión de Espacios Naturales Protegidos por las Universidades Complutense, de Alcalá y Autónoma de Madrid.

de decisiones sobre las políticas, estrategias y acciones de manejo necesarias. Por otra parte, la investigación científica resulta esencial para monitorear y evaluar las tendencias de distintas variables ecológicas, sociales, culturales y económicas que afectan al estado de conservación de los ecosistemas.

Desde la creación del Parque Nacional Galápagos (PNG) como área protegida en 1959, los sólidos vínculos entre la investigación científica y el manejo han permitido desarrollar un sistema de gestión que ha resultado en importantes logros para la conservación del archipiélago. Sin embargo, los profundos y acelerados cambios que ha venido experimentado Galápagos en las dos últimas décadas hacen imprescindible el desarrollo de nuevas herramientas como también modelos de investigación y gestión, adaptados a la actual realidad jurídica, institucional, socio-económica y ambiental del archipiélago.

En este sentido, el Plan de Manejo del PNG (PNG, 2006) hace explícita la necesidad de establecer una agenda de investigación interdisciplinaria, abierta y flexible, que suministre el conocimiento necesario para el manejo del complejo socio-ecosistema de Galápagos y fomente una cultura científica que facilite la participación fluida y la colaboración de todos los agentes sociales implicados.

El presente trabajo pretende contribuir a este objetivo, mediante el análisis cuantitativo de la investigación realizada hasta la fecha en las islas Galápagos, identificando sesgos y posibles vacíos en el conocimiento, como paso previo para el planteamiento de una nueva agenda de prioridades de investigación para la sustentabilidad del archipiélago.

2. Metodología

El presente análisis del estado de conocimiento científico del archipiélago de Galápagos se basa en la revisión inicial de 10.081 referencias, que se extienden desde el año 1535 hasta el 2007. El análisis se llevó a cabo en varias fases; inicialmente se construyó una base de datos digital que incorporó todas las citas bibliográficas publicadas en Snell et al. (1996), donde se encuentran todas las referencias relacionadas a Galápagos desde el año 1535 hasta 1995; a lo que se añadieron las referencias recopiladas por Ospina (2004), que incluyen temas sociales, políticos y

económicos de las islas desde 1988 hasta 2004. La muestra se completó con la bibliografía encontrada en la base de datos de la biblioteca de la Fundación Charles Darwin (hasta 2005). Posteriormente, la base de datos digital se completó (especialmente para el período 2000-2007) con búsquedas exhaustivas en Internet (Google Académico), bases de datos científicas (ISI Web of Knowledge) y otros medios. Todas las referencias se gestionaron mediante el programa informático PROCITE 5.0, un software especialmente diseñado para el estudio y análisis de registros bibliográficos.

En una segunda fase, se realizó una depuración de la base de datos bibliográfica, especialmente con el objetivo de evitar referencias repetidas, duplicadas o publicadas en varios idiomas. Cuando existían ediciones diferentes de un mismo título, se mantuvo únicamente la primera edición y se eliminaban las restantes. De igual manera, los trabajos que aparecían publicados en más de un idioma, se citaban una sola vez y en la clasificación se incluía el idioma original de publicación, además de los distintos idiomas de traducción. También ocurrió, en ocasiones, que se encontraba tanto la cita de un manuscrito sometido a publicación como la cita del artículo cuando ya había sido publicado, en cuyo caso se eliminaba de la base de datos el manuscrito.

Asimismo, se procedió a diferenciar la bibliografía publicada formalmente de la literatura gris (constituida principalmente por informes anuales, manuscritos, reportes, consultorías, artículos de periódico, noticias, decretos, tesis de grado de colegios, etc.), ya que de cara a la realización de los análisis cuantitativos se tomó en consideración solamente la primera. Como resultado de este proceso de depuración, la base de datos inicial constituida por 10.081 referencias, quedó reducida a un total de 4.884 citas publicadas, sobre las cuales se procedió a realizar los análisis cuantitativos.

Cada una de las referencias se categorizó en base a 82 palabras clave con el objetivo de poder evaluar tendencias en cuanto a: tipos de publicación, idioma, número de autores, lugar de investigación, área científica, nivel de multidisciplinariedad, esfuerzo por grupo taxonómico, etc., (ver Tabla 1). Cabe reconocer que la categorización de las referencias de acuerdo a las categorías especificadas en la Tabla 1, entraña siempre un cierto grado de subjetividad, pero se hizo el mayor esfuerzo por mantener la consistencia en toda la base de datos.

Con el objeto de evaluar el nivel de detalle y representatividad de la base de datos elaborada, se realizó un control de calidad que consistió en la revisión independiente de un total de 300 referencias seleccionadas aleatoriamente a partir de una búsqueda en Google Académico. El resultado fue que sólo 31 referencias no estaban incluidas en la base de datos, con lo que estimamos que el conjunto sobre el que realizamos los análisis contendría alrededor del 90% de la bibliografía publicada referida a Galápagos.

Tabla 1. Esquema de análisis aplicado en la base de datos de ciencia.

	Clasificación
Tipo de publicación	<ul style="list-style-type: none">❖ Artículos<ul style="list-style-type: none">○ Revistas Nacionales○ Revistas Internacionales en JCR ¹○ Revistas Internacionales no JCR○ Revistas de Divulgación○ Actas de Congresos Nacionales○ Actas de Congresos Internacionales (proceedings, memorias)❖ Capítulos de Libro❖ Libros (monografías)❖ Libros de Divulgación❖ Tesis Doctoral❖ Tesis de Maestría❖ Tesis de Licenciatura❖ Informes (consultorías)❖ Otros (folletos, películas, etc.)
Idioma	<ul style="list-style-type: none">❖ Español❖ Inglés❖ Francés❖ Alemán❖ Otros
Lugar de Investigación	<ul style="list-style-type: none">❖ Parque Nacional Galápagos❖ Reserva Marina de Galápagos❖ Provincia de Galápagos❖ Núcleos Urbanos❖ Zona Agropecuaria❖ Regional ²
Tipo de investigación	<ul style="list-style-type: none">❖ Básica❖ Aplicada (dirigida)❖ Evaluación y Seguimiento
	<ul style="list-style-type: none">❖ Unidisciplinaria❖ Multidisciplinaria
No. de autores	<ul style="list-style-type: none">❖ Un investigador❖ Dos investigadores❖ Varios investigadores (más de dos)

OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

Ciencias de la Naturaleza	BIODIVERSIDAD	(Taxonomía, Biogeografía, Listados de especies)	
		<ul style="list-style-type: none">❖ Zoología❖ Botánica❖ Microbiología	
	ECOLOGÍA	<ul style="list-style-type: none">❖ Ecología Básica❖ Ecología del Comportamiento (Etología)❖ Ecofisiología❖ Ecología Evolutiva (poblaciones, comunidades)❖ Ecología de Sistemas (procesos ecológicos)❖ Ecología del Paisaje❖ Biología de la Conservación❖ Genética❖ Limnología❖ Restauración Ecológica❖ Contaminación Ambiental	ORGANISMOS <ul style="list-style-type: none">○ Mamíferos○ Aves○ Reptiles○ Anfibios○ Peces○ Invertebrados Artrópodos○ Invertebrados no Artrópodos○ Flora Fanerógama (gimno- y angiospermas)○ Flora Criptógama (briófitas, pteridofitas)○ Hongos○ Microorganismos
		<ul style="list-style-type: none">○ Exóticos	
Ciencias Sociales		<ul style="list-style-type: none">❖ Climatología❖ Geología/Geomorfología❖ Edafología❖ Hidrología❖ Oceanografía❖ Otras Ciencias Naturales (Paleontología, Bioquímica, Parasitología, etc.)	
		<ul style="list-style-type: none">❖ Geografía (Cartografía, Expediciones)❖ Economía❖ Sociología (+ Etnología, Demografía, Antropología)❖ Historia❖ Derecho Ambiental (legislación, regulaciones)❖ Educación y Ciencia (+ Educación Ambiental, Formación/Capacitación, Política Científica)❖ Turismo❖ Agricultura, Ganadería y Forestería❖ Pesquería❖ Políticas Públicas (Ordenación del territorio, Institucionales, Servicios públicos, etc.)❖ Otras Ciencias Sociales (Arqueología, etc.)	
Ciencias		<ul style="list-style-type: none">❖ Energía❖ Sostenibilidad❖ Gestión (Planificación, Uso público, Control, etc.)❖ Tecnologías de Producción (mejora de producción agrícola y ganadera)❖ Tecnologías del Medio Ambiente (Depuración, reciclaje, manejo de residuos, etc.)	
Ciencias de la Salud: Toxicología, Medicina, Salud Humana, etc.			

1 Journal of Citation Reports (JCR) es una publicación anual que realiza el Instituto de Información Científica (ISI) presentando datos estadísticos que proporcionan una manera sistemática y objetiva de determinar la importancia relativa de las revistas más destacadas dentro de sus categorías temáticas y su impacto e influencia en la comunidad científica mundial.

2 Se clasificaron como Regionales aquellas citas cuyo contenido no estaba limitado al archipiélago sino que hacían referencia a un ámbito geográfico mucho más amplio (Pacífico, Sudamérica, otras regiones).

Los análisis sobre la base de datos se realizaron: (1) tomando en cuenta las 4.884 citas publicadas disponibles, y (2) considerando sólo una submuestra de 1.392 referencias que incluye exclusivamente aquellas citas publicadas en revistas con alto índice de impacto (indexadas en el Journal of Citation Reports® –JCR).

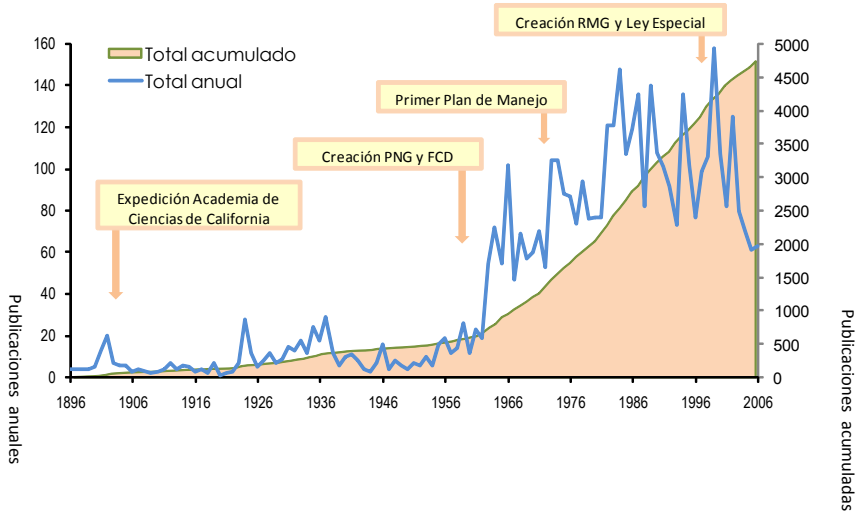
Finalmente, los resultados del análisis se utilizaron para hacer una discusión crítica de la investigación científica realizada hasta la fecha en Galápagos y del nivel de conocimiento existente en relación a las prioridades y necesidades de conservación recogidas en los instrumentos básicos de gestión del Parque Nacional y la Reserva Marina Galápagos, con la finalidad de establecer prioridades futuras de investigación orientadas hacia la resolución de los principales problemas de conservación del archipiélago.

3. Resultados

3.1 Tendencias históricas de la ciencia en Galápagos

El análisis de la ciencia revela un esfuerzo acumulado creciente y refleja la importancia de determinados eventos históricos que supusieron un cambio de rumbo en la investigación realizada en el archipiélago (Fig. 1). Hemos caracterizado cuatro grandes períodos, en función de la intensidad de la investigación realizada y de los objetivos prioritarios de la misma. En cada una de las etapas han existido momentos particulares de gran relevancia que se detallan a continuación.

Figura 1. Evolución temporal del esfuerzo científico en Galápagos: (a) publicaciones por año, (b) publicaciones acumuladas (1896-2006).



I Período: Etapa pionera

La visita de Darwin a las islas y la posterior publicación de su libro sobre el origen de las especies en 1859, volcó la atención de la comunidad científica mundial sobre el archipiélago. Los trabajos de este período reflejan sobre todo el descubrimiento de nuevas especies y su descripción, además de los múltiples artículos relacionados con la clasificación y taxonomía de la particular flora y fauna de las islas. También son importantes varias publicaciones relacionadas con la geografía e historia del archipiélago.

II Período: Grandes expediciones

Los resultados de las investigaciones realizadas en el período anterior trajeron como consecuencia una avalancha de grandes expediciones las cuales revelaron definitivamente la importancia científica de Galápagos al mundo. Los años posteriores a las expediciones se caracterizaron por trabajos de descripción de especies basadas en los viajes de colección. En general, aparecen en menor grado los estudios de ciencias sociales,

dentro de los que todavía predominan temas de geografía e historia, pero ya se hacen evidentes los primeros intereses en el campo de la agricultura, sociología, turismo y economía.

A finales del siglo XIX (1898-1899) sobresale una de las primeras grandes expediciones, la Galápagos Hopkins-Stanford Expedition, cuyas publicaciones aparecen principalmente en 1901 y 1902 cuando se ve el primer incremento significativo del número de artículos (ver Fig. 1).

Durante las primeras décadas del siglo XX continúan las expediciones, siendo particularmente famosa la de la Academia de Ciencias de California en 1905-1906 por la cantidad de material recogido y el número de publicaciones aparecidas en los años sucesivos. En 1924 destacan las publicaciones entomológicas de la Williams Galapagos Expedition. También destacan los trabajos de la Templeton Crocker Expedition de 1932, y los artículos de la Allan Hancock Expedition de 1933-1934.

En 1934 se dan los primeros pasos para la protección de las especies y ecosistemas del archipiélago. Desde esta fecha hasta la creación del PNG en 1959 continúan los estudios biológicos donde la mayoría del esfuerzo consistía en la compilación e inventarios de la flora y fauna, y su estudio sistemático.

III Período: Ciencia para la conservación

Este período se caracteriza por el incremento en la producción científica realizada por misiones de científicos visitantes, sobre todo a partir de la inauguración de la Estación Científica Charles Darwin (ECCD) en 1964. Un hito importante fue la creación de la revista Noticias de Galápagos, que es una publicación propia de la FCD que se ha convertido en fuente importante de difusión de información científica concerniente al archipiélago. El enfoque de las publicaciones se dirigió fundamentalmente a los trabajos de biología de la conservación, ecología evolutiva de especies amenazadas y emblemáticas, control de especies exóticas, etc. Hay que indicar que durante este período se inicia el desarrollo de las ciencias tecnológicas a través de los esfuerzos de manejo y gestión para la conservación del archipiélago.

También en 1964, se desarrolló el Proyecto Científico Internacional Galápagos (GISP). En 1973 se publica el reporte de la Conferencia de Ciencia de Galápagos (Simkin et al. 1973) donde ya se reconoce que: “a pesar

del incremento del conocimiento básico sobre el archipiélago, no se ha coordinado la investigación y los proyectos que se han llevado a cabo han sido ampliamente diversos tanto en escala como en enfoque, viendo el momento de identificar las necesidades más importantes y discutir la cooperación multidisciplinaria para cubrir esas necesidades”.

Además, se elabora el primer documento de gestión para el Parque Nacional. El plan maestro ya contempla el “desarrollo sostenido de Galápagos con el turismo como aliado y como base para la planificación de la provincia” (FAO 1974). Desde este período se produce un incremento considerable en la producción científica, alcanzando un punto álgido en 1984 con 148 trabajos (Fig. 1) donde destacan las publicaciones del Key Environments: Galápagos (Perry 1984), además de una cantidad importante de artículos publicados en Noticias de Galápagos.

Si bien los ambientes marinos de Galápagos fueron apreciados desde un principio, no recibieron mayor atención ya que en tierra los problemas eran mayores y más visibles (Carrasco 1993). Apenas en 1974 Wellington caracteriza por primera vez los recursos marinos (Wellington 1976) y en 1986 se declara la Reserva de Recursos Marinos de Galápagos (Ponce et al. 1986). En 1987 se publican una serie de trabajos realizados en la reserva (Ryan 1987) constituyendo un aporte importante a la producción científica de dicho año.

IV Período: Ciencia para la gestión

Es a fines de los ochenta el número de turistas que visitan Galápagos se incrementa notablemente lo que, unido a la demanda por ciertos recursos pesqueros, creó un nuevo mercado que atrajo a gran cantidad de inmigrantes (Hoeck 2000). Los problemas sociales que se generaron durante los años siguientes motivaron la realización de múltiples estudios en el campo socioeconómico y aumentó el interés por producir más información de este tipo orientada a la gestión.

En 1994 sobresale el compendio sobre Flora y Fauna de las Islas Galápagos: Origen, Investigación, Amenazas y Protección (Zizka y Klemmer 1994). En 1997 aparece la primera edición del Informe Galápagos que se interrumpió en el año 2002 pero se volvió a retomar en el 2007. En los informes se abordan una variedad de temas que presentan la crónica política de los principales acontecimientos en las islas, una compilación

de las principales estadísticas sociales y ambientales, y un estado de la cuestión en las acciones de manejo y administración del área protegida y de toda la provincia (Ospina 2004).

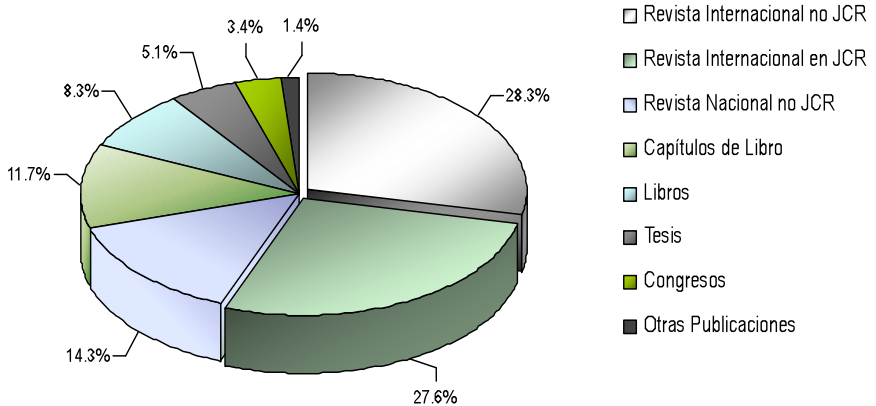
En 1998 se crea la Reserva Marina y en 1999 se alcanza el punto máximo de publicaciones anuales en toda la historia científica de Galápagos. En este año se encuentran los resúmenes de los Simposio sobre Ciencia y Conservación en Galápagos, y el de Galápagos: Ecología, Evolución y Conservación en las Islas de Darwin; además de los informes anuales que se venían produciendo desde 1996 por la Fundación Natura.

Finalmente el último pico importante de producción científica (Fig. 1) se observa en 2002, cuando se presentan los resultados del impacto biológico tras el derrame de combustible ocurrido en Galápagos al encallar el buque Jessica (Lougheed et al. 2002), y se publica la Visión para la Biodiversidad de Galápagos (Bensted-Smith 2002).

3.2 Características generales de la investigación realizada en Galápagos

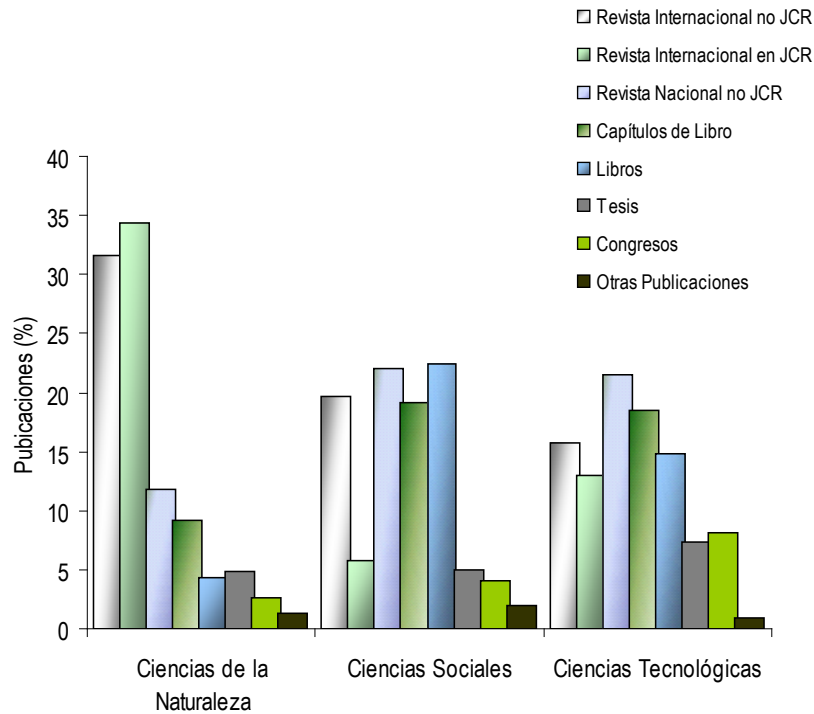
3.2.1 Tipos de publicación

El principal medio de publicación de los trabajos producidos en Galápagos son las revistas periódicas que incluyen cerca de las dos terceras partes de los registros (Fig. 2); convirtiéndose así en los medios preferidos de difusión de información por parte de los investigadores. El 29,5% corresponden a publicaciones en revistas internacionales no indexadas, 28,5% son de revistas internacionales con índice de impacto y 14,5% son de revistas nacionales. Un segundo grupo lo constituyen los trabajos que se encuentran publicados como capítulos de libro y libros como tal (11,7% y 8,3% respectivamente). Seguidamente están las tesis doctorales, de maestría y licenciatura, las cuales constituyen el 5,1% de la literatura. Después se encuentran las memorias de congresos (nacionales e internacionales) y finalmente otros tipos de publicaciones (Fig. 2).

Figura 2. Porcentaje de trabajos según el formato de publicación.

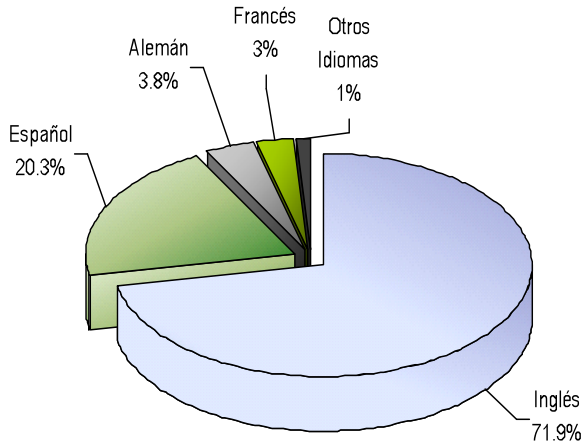
Si se analizan separadamente los diferentes medios de publicación en relación a las grandes áreas del conocimiento se puede observar que los porcentajes varían notablemente. En el caso de las ciencias de la naturaleza continúan predominando los artículos publicados en revistas internacionales, que representan más del 50% de los registros (Fig. 3). Por el contrario, en el ámbito de las ciencias sociales hay mayor difusión a través de libros (22,4%) y revistas nacionales (22%), siendo también importantes las publicaciones en revistas internacionales no indexadas y capítulos de libro. Por su parte, la investigación en ciencias tecnológicas aparece más frecuentemente en revistas nacionales y en capítulos de libro (21,5% y 18,5% respectivamente) (Fig. 3).

Figura 3. Distribución relativa de los tipos de publicación en función de grandes áreas de la ciencia.



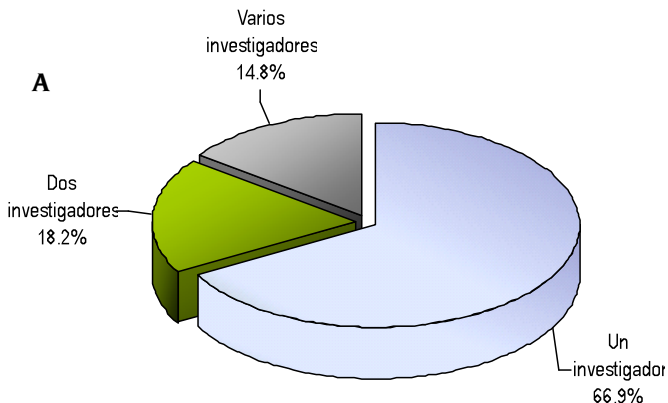
3.2.2 Idioma de publicación

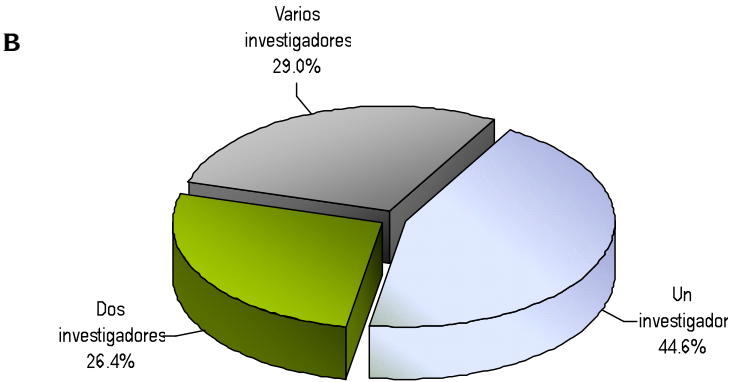
El idioma más utilizado para la publicación de las investigaciones realizadas en Galápagos es con gran diferencia el inglés (71,9%). En un porcentaje inferior se encuentran los trabajos publicados en español (20,3%) y finalmente con un 3,8% los de alemán, 3% francés y 1% otros idiomas (p.ej., italiano, sueco, holandés, entre otros) (Fig. 4). Existen también trabajos bilingües, de los cuales el mayor número corresponde a los escritos en inglés/español (150 referencias) y alemán/español (18 referencias).

Figura 4. Porcentaje de registros según el idioma de publicación.

3.2.3 Número de investigadores por publicación

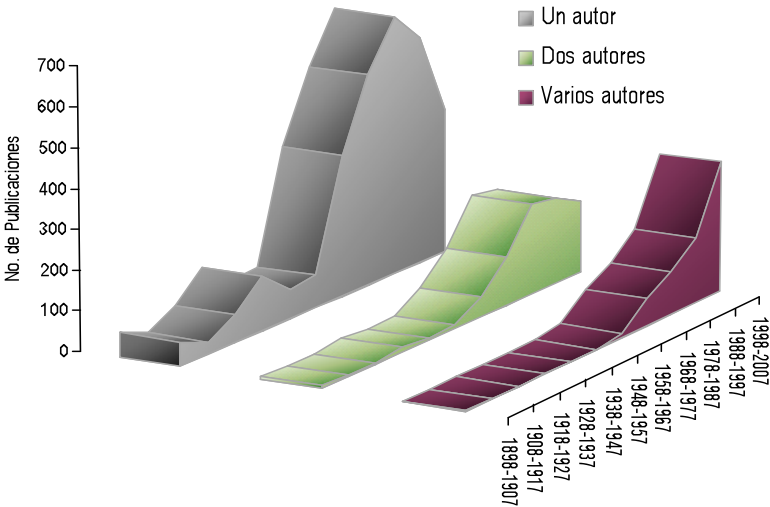
Nuestro análisis muestra que predominan claramente los trabajos realizados por un único investigador (66,9 %), seguidos a bastante distancia por las publicaciones realizadas por dos investigadores (18,2%) y las obras de participación colectiva (más de dos autores) (14,8%) (Fig. 5a). Este predominio se mantiene cuando se realiza el análisis tomando en cuenta sólo las revistas científicas de alto impacto (44,6% referencias con un solo autor); sin embargo, las publicaciones de varios autores ocupan el segundo lugar con el 29% y por último están los trabajos de dos autores (26,4%) (Fig. 5b).

Figura 5. Número de autores participantes en las investigaciones (%): a) total de publicaciones analizadas y b) publicaciones en revistas con índice de impacto.



Sin embargo, en un análisis histórico, se observan importantes cambios en esta variable a lo largo del tiempo (Fig. 6). Así, se puede apreciar el gran incremento de obras publicadas por un solo autor en la década de 1958-1967 alcanzando un punto máximo en el período de 1978-1987, a partir del cual comienzan a disminuir. Ocurre lo contrario con las producciones en colaboración que, a pesar de tener un comienzo tardío (se encuentran publicaciones continuas con varios autores a partir de 1962, antes de esta fecha sólo existen 4 trabajos), han experimentado un incremento constante hasta la fecha.

Figura 6. Evolución temporal de la participación de equipos de investigadores en las publicaciones.



3.2.4 Grado de multidisciplinariedad

Nuestros resultados muestran un claro predominio de los trabajos de carácter unidisciplinario (92%) frente a los de carácter multidisciplinario (8%) (Fig. 7a). Los primeros son aquellos cuyos objetivos de investigación y metodología se encuentran enfocados en una disciplina científica en particular, mientras que los segundos contemplan estudios de carácter más integral, que incluyen dos o más áreas de conocimiento o que contemplan disciplinas tanto biológicas como no biológicas. Esta diferencia todavía resulta más marcada cuando se toman en cuenta sólo las investigaciones publicadas en revistas internacionales con índice de impacto, donde los estudios unidisciplinarios constituyen el 96,7% de la producción, frente a los multidisciplinarios con sólo el 3,3% (Fig. 7b).

Entre los trabajos de carácter multidisciplinario, las asociaciones más frecuentes se producen entre las ciencias de la naturaleza y las ciencias tecnológicas (203 publicaciones); seguidos de los trabajos que asocian las ciencias naturales y las ciencias sociales (165 publicaciones) (Fig. 8).

Figura 7. Porcentaje de investigaciones de carácter uni- o multidisciplinario: a) publicaciones totales y b) publicaciones en revistas de alto impacto.

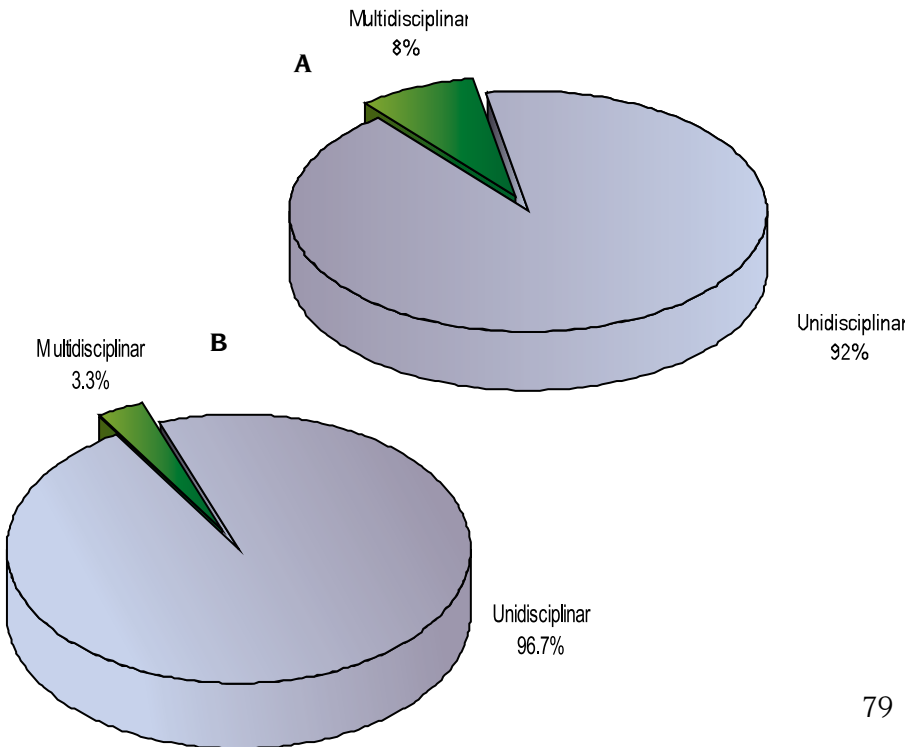
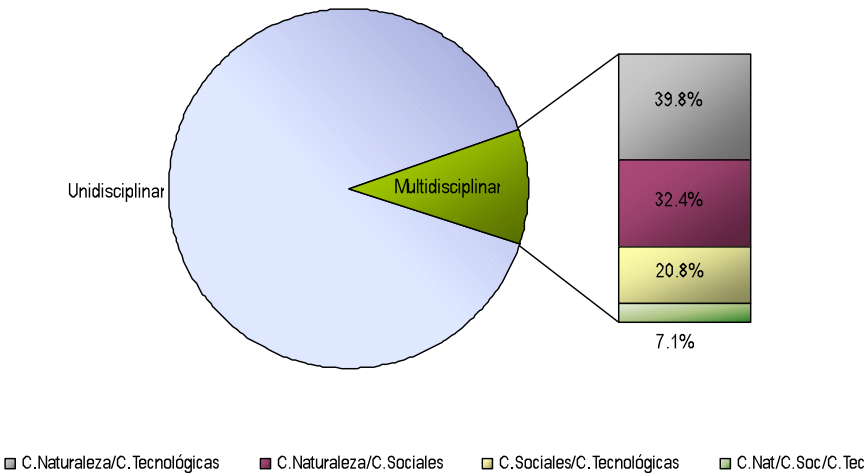


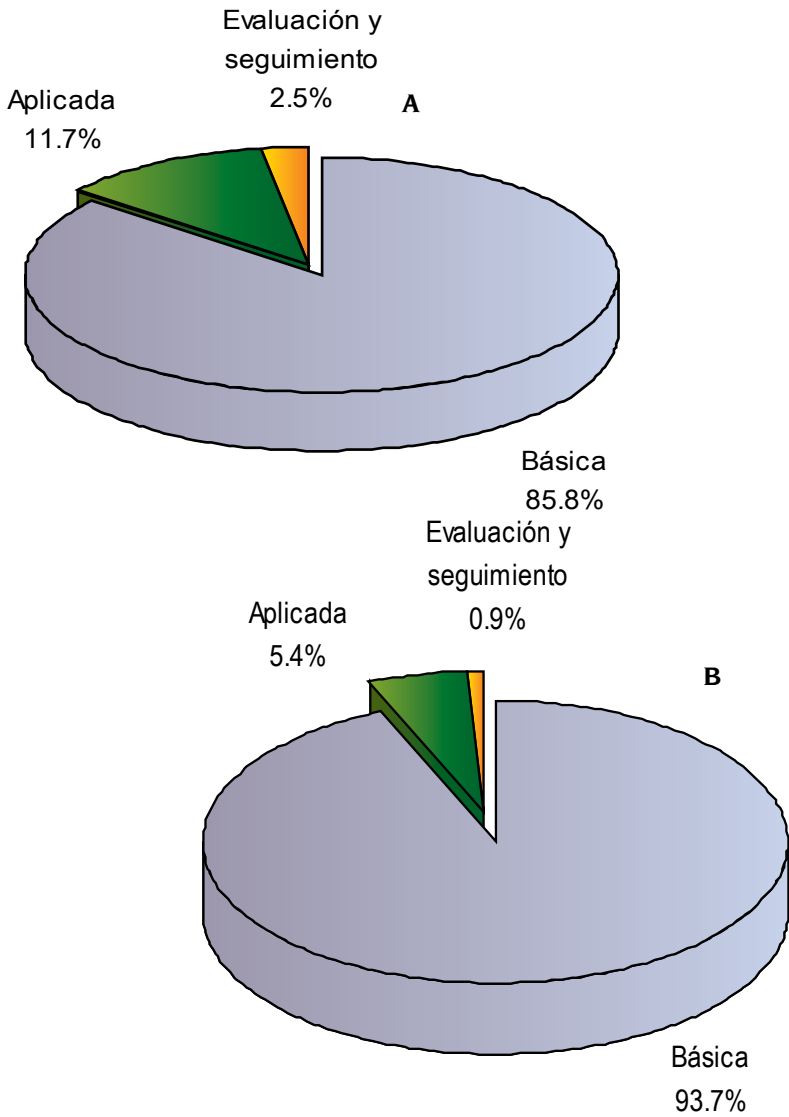
Figura 8. Relaciones multidisciplinares más comunes entre las ciencias del conocimiento.



3.2.5 Carácter básico versus aplicado de la investigación

Debido a las características únicas del archipiélago de Galápagos y sus innumerables problemas de conservación, resulta de interés conocer en qué medida las investigaciones realizadas presentan: 1) carácter básico, 2) aplicabilidad directa en el ámbito de la gestión, educación, capacitación, desarrollo, etc., o 3) enfoque en la evaluación y monitoreo de planes, programas y proyectos. El resultado de nuestro análisis muestra que los trabajos de carácter básico son los predominantes en los estudios realizados en Galápagos (85,8%), seguidos a mucha distancia por las investigaciones de carácter aplicado (11,7%) y los trabajos de evaluación y seguimiento (2,5%) (Fig. 9a). Del mismo modo, al considerar exclusivamente las revistas internacionales con índice de impacto, el carácter básico de la investigación se acentúa todavía más (93,7% de las referencias). Sólo el 5,4% y 0,9% de las referencias analizadas son investigaciones de carácter aplicado y de evaluación y seguimiento, respectivamente (Fig. 9b).

Figura 9. Carácter básico vs. aplicado de la investigación realizada en Galápagos (%): a) publicaciones totales y b) publicaciones en revistas de alto impacto.

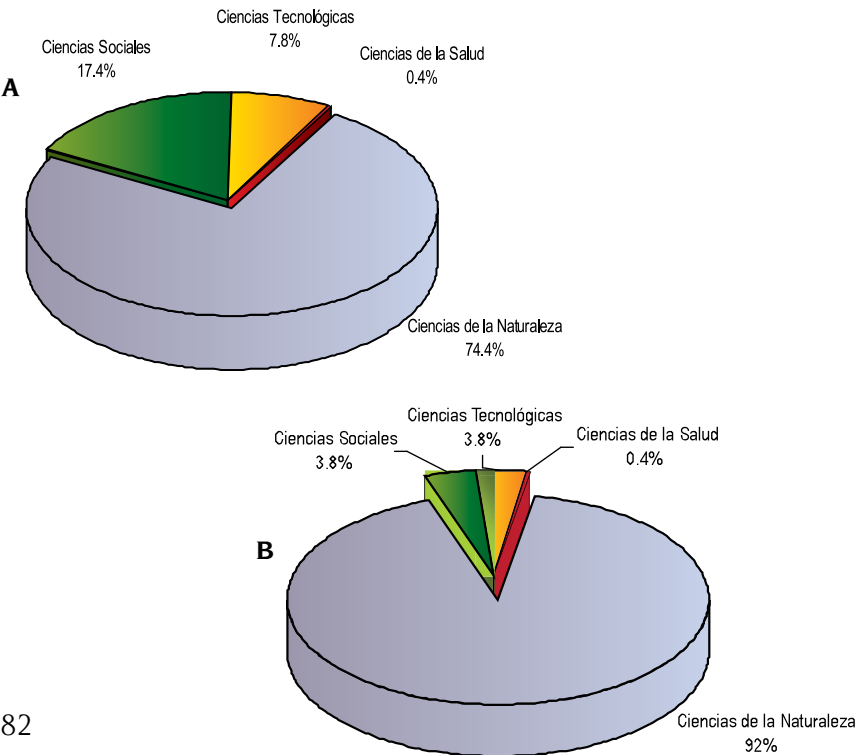


3.3 Investigación por grandes áreas del conocimiento

Con el 74,4% de los artículos publicados, las ciencias de la naturaleza constituyen sin duda el área de conocimiento más representativa de la investigación realizada en el archipiélago de Galápagos. El 17,4 % de las referencias analizadas tratan aspectos vinculados a las ciencias sociales, y sólo el 7,8% son trabajos vinculados a las ciencias tecnológicas y de la gestión (Fig. 10a).

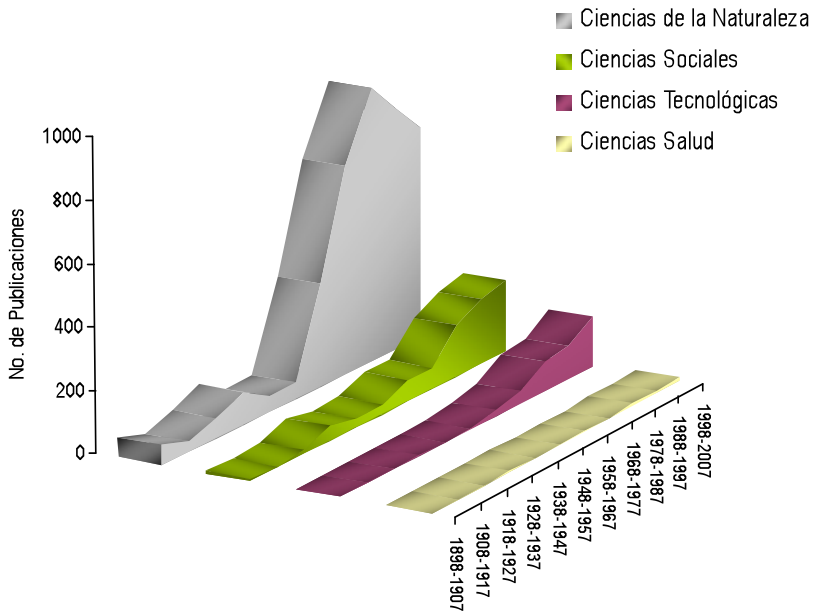
Cuando se analizan separadamente los trabajos que se han publicado en revistas con índice de impacto se puede observar que se acentúan todavía mucho más estas diferencias en cuanto a la representación de las distintas áreas del conocimiento. El 92% de las referencias son investigaciones centradas en las ciencias de la naturaleza. A gran distancia se encuentran las referencias sobre ciencias sociales y sobre ciencias tecnológicas (3,8%), quedando con un 0,4% de trabajos sobre las ciencias de la salud (Fig. 10b).

Figura 10. Análisis de la investigación científica en Galápagos por grandes áreas de conocimiento (%): a) publicaciones totales y b) publicaciones en revistas de alto impacto.



Analizando la evolución histórica (Fig. 11), se puede observar que es a finales de los años cincuenta cuando se produce un gran despegue de la producción científica en el ámbito de las ciencias de la naturaleza, cuyo ritmo creciente de publicación se mantiene por 40 años y alcanza el número máximo de publicaciones en la década de 1978-1987 (902 publicaciones). Por otro lado, los picos de producción científica referida a los temas sociales y tecnológicos se producen 20 y 30 años más tarde, respectivamente. Los estudios en ciencias de la salud han permanecido escasamente representados hasta la actualidad, ya que el número de publicaciones en la última década no sobrepasa las 10 obras. Es interesante resaltar como en las últimas dos décadas el número de trabajos en el área de las ciencias de la naturaleza ha experimentado una ligera tendencia hacia la disminución, mientras que el resto de las áreas científicas consideradas en el estudio han venido incrementando su producción en términos relativos y absolutos (Fig. 11).

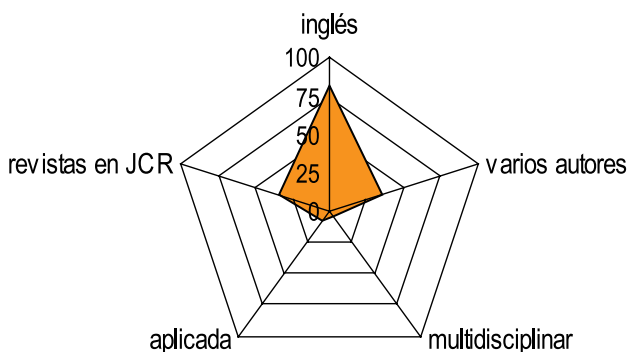
Figura 11. Evolución temporal de la investigación científica en Galápagos por grandes áreas del conocimiento (1898-2007).



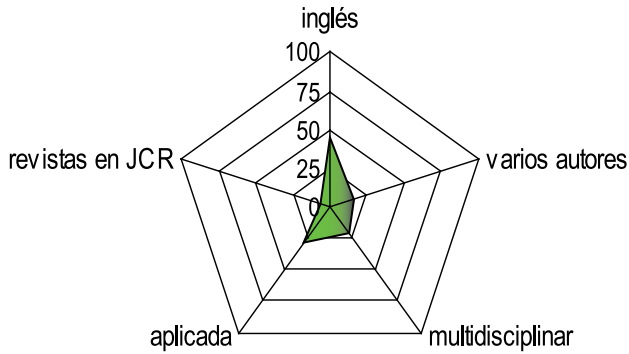
En la Figura 12 se presenta una síntesis gráfica que trata de resumir algunos de los rasgos generales que caracterizan a la investigación que se ha desarrollado en el archipiélago. Se pueden observar claras diferencias entre las distintas áreas del conocimiento. Así, en las ciencias de la naturaleza, más de las dos terceras partes de los trabajos son en inglés y cerca del 40% se publican en revistas de alto índice de impacto, con menos del 10% de las investigaciones de carácter aplicado o que consideran un enfoque multidisciplinario. En el ámbito de las ciencias sociales, en cambio, más del 50% de los estudios se publican en otro idioma que no es inglés (mayoritariamente español) y toman en cuenta en un mayor porcentaje la aplicabilidad y colaboración con las otras ciencias (28,2% y 21,2% respectivamente). La publicación en revistas de alto impacto es muy inferior en este caso (5,7%), en comparación con las ciencias naturales. Los trabajos realizados en el campo de las ciencias tecnológicas, sobre todo los enfocados en la gestión y sostenibilidad, son mayoritariamente de carácter aplicado (77,3%) e integran tanto aspectos sociales como biofísicos (61,6%). Se publican mayoritariamente en inglés (57,4%) y en medios sin un alto índice de impacto.

Figura 12. Análisis comparativo de algunas características de las publicaciones científicas analizadas en las tres áreas del conocimiento (se representa el porcentaje de referencias registradas en la base de datos para cada una de las cinco variables consideradas).

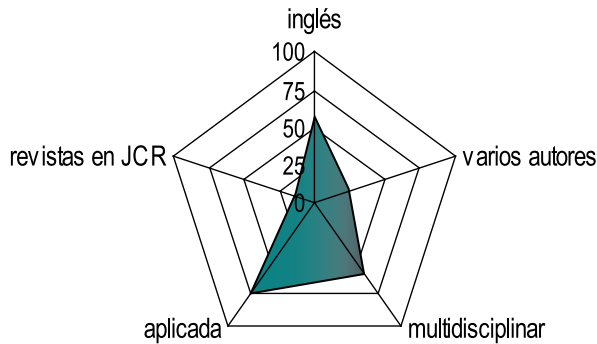
Ciencias de la Naturaleza



Ciencias Sociales



Ciencias Tecnológicas



3.4 Categorías temáticas

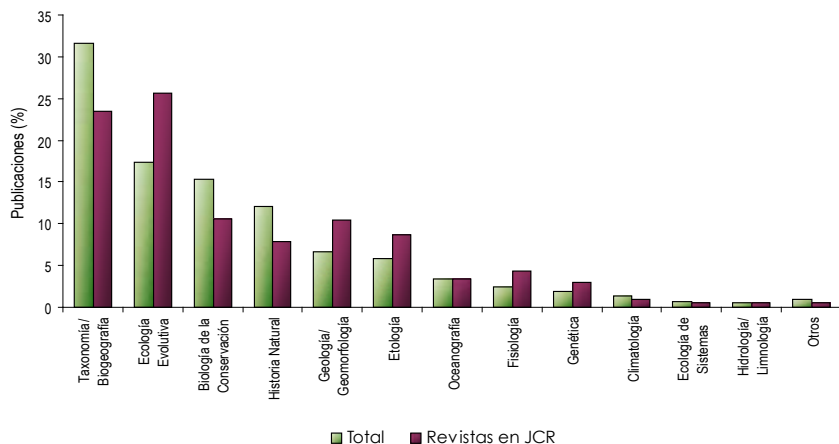
3.4.1 Tópicos de estudio en las Ciencias de la Naturaleza

Los estudios más frecuentes en el campo de las ciencias de la naturaleza son los de taxonomía/biogeografía con el 31,6% (1.511 publicaciones), seguidos de las investigaciones en ecología evolutiva con el 17,4% (831 publicaciones), y en tercer lugar los trabajos de biología de la conservación con el 15,3% (732 publicaciones) (Fig. 13).

En las revistas con índice de impacto son las mismas disciplinas las que presentan más registros, si bien se invierten las posiciones siendo los estudios de ecología evolutiva (25,6%, 426 publicaciones) los más frecuentes (Fig. 13).

Es importante resaltar el carácter biocéntrico de los trabajos enmarcados en el ámbito de las ciencias de la naturaleza, ya que apenas el 12,9% del total de la información publicada se refiere a aspectos del medio físico como la geología, climatología, hidrología, limnología, edafología, oceanografía, entre otros. Por otro lado, también llama la atención el reducido número de trabajos realizados en genética y ecología de sistemas, la primera por ser uno de los tópicos con mayor interés en las últimas décadas y la segunda por la importancia del conocimiento ecosistémico para la conservación (Fig. 13).

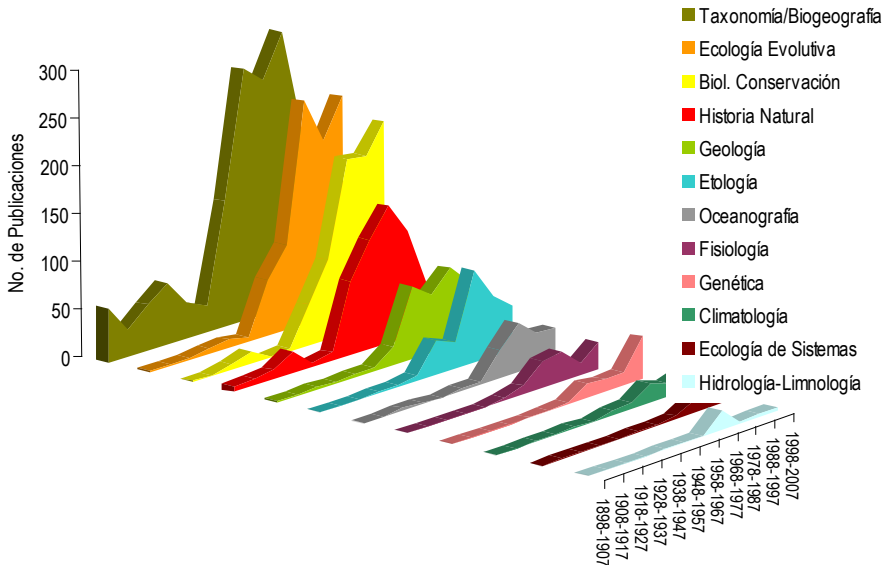
Figura 13. Análisis de los objetivos de la investigación científica en Galápagos (%): categorías temáticas de las Ciencias de la Naturaleza (totales y en revistas de alto impacto).



En un análisis histórico (Fig. 17) se puede apreciar que los primeros estudios desarrollados en el ámbito de las ciencias de la naturaleza están muy vinculados a la taxonomía/biogeografía, ecología, conservación, geología y etología. Es a partir del período 1958–1968 cuando se incrementan de forma muy significativa los estudios realizados en estas ramas, probablemente en respuesta a la creación del PNG y la FCD. En cambio, los estudios en fisiología, genética, sistemas ecológicos, hidrología y limnología

no empiezan a cobrar cierto peso hasta finales de los años cuarenta. Las investigaciones dedicadas al estudio de los ecosistemas, tanto en su descripción como su funcionamiento, al igual que el estudio de los procesos biofísicos, están todavía muy poco representadas.

Figura 14. Evolución temporal de las publicaciones en el área de las ciencias de la naturaleza, en función de las distintas categorías temáticas.



3.4.2 Tópicos de estudio en las Ciencias Sociales

Se puede observar que en el campo de las ciencias sociales predominan los estudios de geografía (21,6%) y de historia (20,7%). A continuación, con porcentajes similares, se encuentran las publicaciones que abordan temas relacionados con la educación (10,4%), sociología (10,3%), turismo (9,4%) y pesquerías (9,1%). Los estudios dedicados al derecho ambiental (3,1%) y a temas agropecuarios (2,9%) son los menos representados (Fig. 15).

A diferencia de las ciencias de la naturaleza, en las ciencias sociales los resultados varían en relación a la temática publicada en las revistas con índice de impacto. En estos medios aparecen con un porcentaje más

elevado los estudios vinculados con las pesquerías (29,3%), la historia (22,4%), y el turismo (15,5%) (Fig. 15). Considerando los importantes intereses económicos que rodean las actividades pesqueras y turísticas, y teniendo en cuenta que son los temas que generan mayor conflictividad social y política, no es extraño que sean también estos los temas que han llamado más la atención de la comunidad científica.

Con excepción de las publicaciones relacionadas con la geografía e historia, que por sus características conforman el grupo con trabajos más antiguos, la evolución de la mayoría de investigaciones en el ámbito de las ciencias sociales es relativamente reciente. Es en la década de los setenta cuando se comienza a producir una importante cantidad de información social (p.ej., pesquerías, políticas públicas, turismo, educación y ciencia) (Fig. 16). Es importante destacar que los estudios sobre sociología, incluyendo demografía y migración, así como los de pesquerías, políticas públicas y economía, han mostrado todos una evolución positiva en las últimas décadas y se ha ido incrementando su importancia con el paso del tiempo, llegando a alcanzar su máximo de publicaciones en la última década (Fig. 16).

Figura 15. Análisis de los objetivos de la investigación científica en Galápagos: categorías temáticas de las Ciencias Sociales (totales y en revistas de alto impacto).

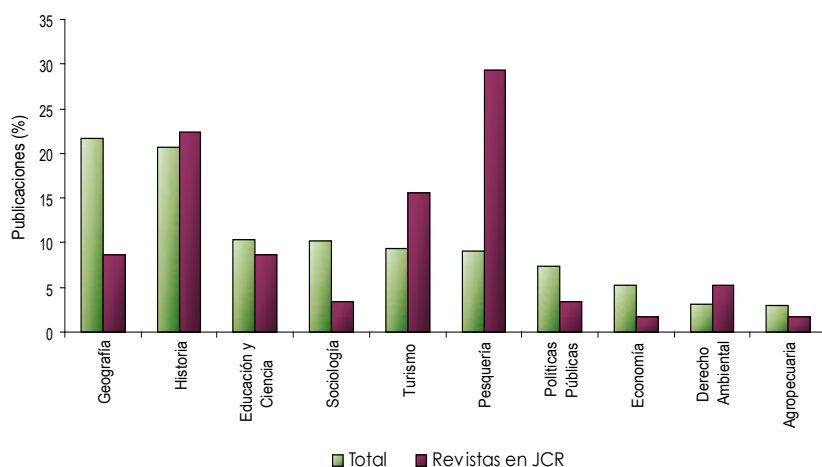
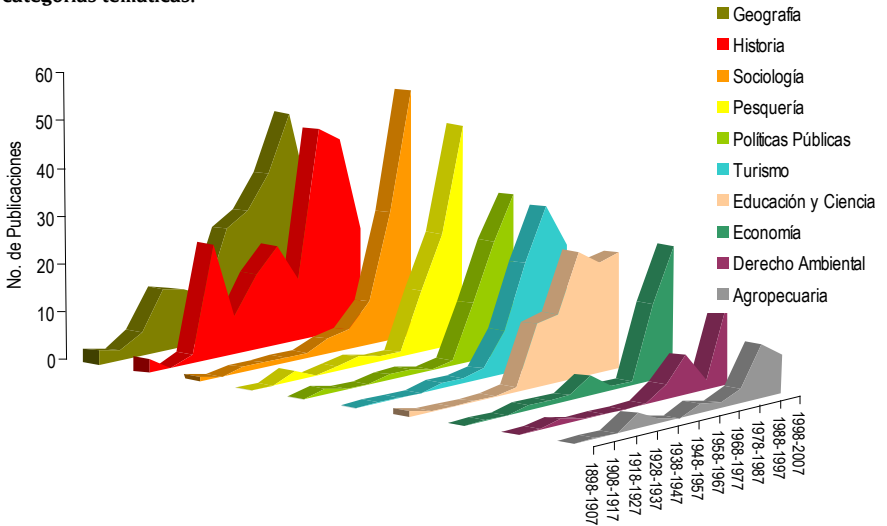


Figura 16. Evolución temporal de las publicaciones de las ciencias sociales en función de las categorías temáticas.



3.4.3 Tópicos de estudio en las Ciencias Tecnológicas

En este ámbito son los trabajos relacionados a la gestión de Galápagos los que han acaparado la mayor atención (Fig. 17). En especial destacan los estudios vinculados a la gestión del Parque Nacional y la Reserva Marina (86,4%, 388 publicaciones). El mismo patrón se repite en el caso de las revistas de alto impacto (91,2%, 52 publicaciones). Este tipo de estudios han tenido una evolución positiva en el tiempo, siendo cada vez más frecuentes desde finales de los años cincuenta (Fig. 18). Con un porcentaje bastante inferior se han abordado temas de sostenibilidad (9,6%), tecnologías de producción (2%), energías alternativas (1,3%) y tecnologías medio ambientales (0,7%).

En cuanto a la evolución de las ciencias tecnológicas, aparte de algunos trabajos aislados en la década de los sesenta, podemos decir que se trata de un ámbito relativamente reciente que ha surgido por el interés en el desarrollo sostenible y la necesidad de instrumentos de gestión para las áreas protegidas. A excepción de la gestión y la sostenibilidad, los resultados revelan un déficit importante de estudios en el ámbito de las ciencias tecnológicas (p.ej., las primeras investigaciones en tecnologías medio ambientales no aparecen hasta 1998) (Fig. 18).

Figura 17. Análisis de los objetivos de la investigación científica en Galápagos: categorías temáticas de las Ciencias Tecnológicas (totales y en revistas de alto impacto).

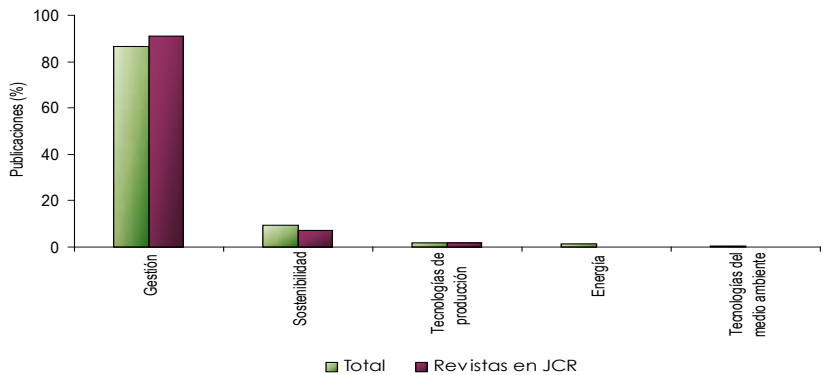
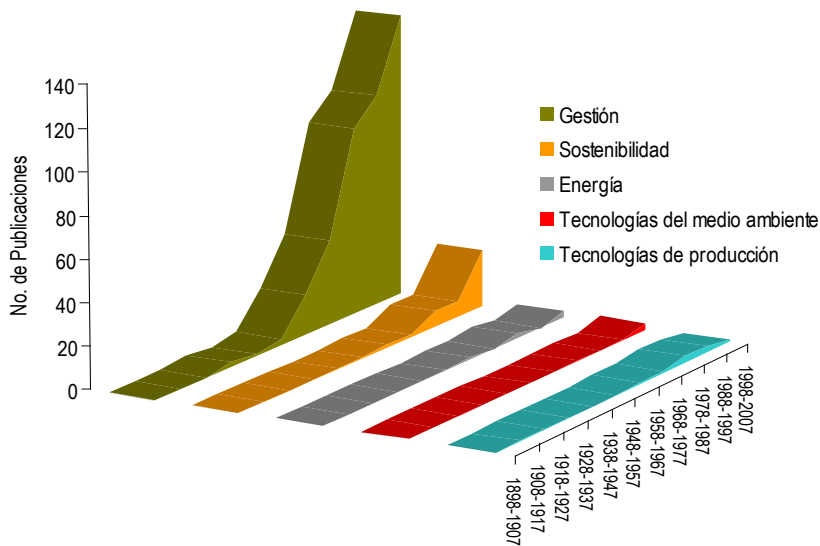


Figura 18. Evolución temporal de las publicaciones de las ciencias tecnológicas en función de las categorías temáticas (1898-2007).

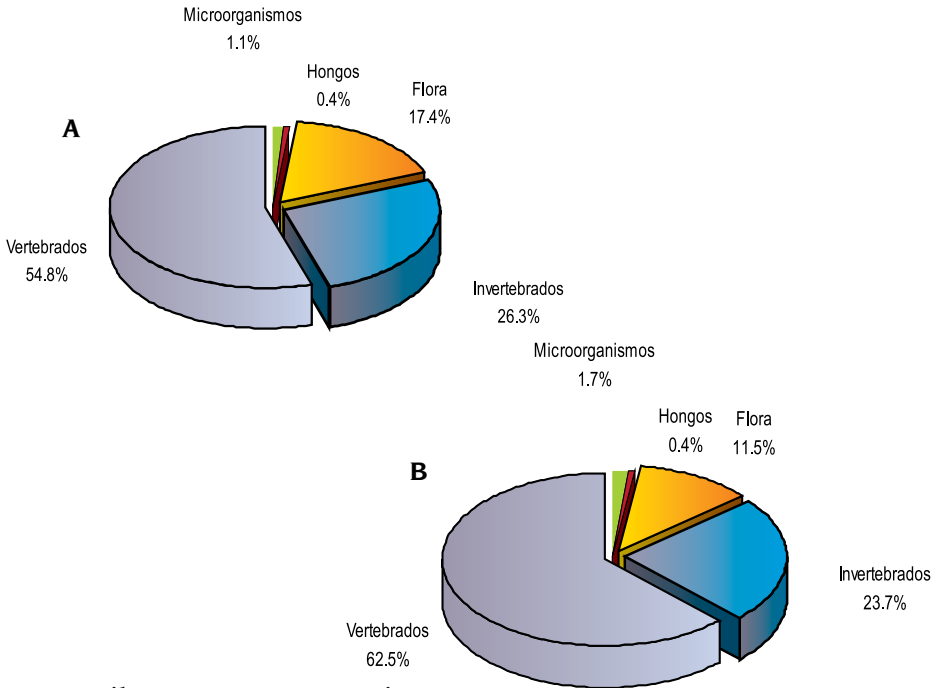


3.5 Categorías taxonómicas

El análisis de la investigación realizada en función de las categorías taxonómicas revela un claro sesgo hacia grupos superiores de organismos, como los vertebrados (54,8% de las publicaciones). El segundo grupo de interés lo constituyen los invertebrados (26,3% de las publicaciones).

Con un 17,4% de las publicaciones se encuentran los trabajos de flora y, finalmente, con porcentajes mínimos quedan los estudios de microorganismos y hongos (1,1% y 0,4% respectivamente) (Fig. 19a). Esta tendencia se mantiene e incluso se acentúa al analizar separadamente los artículos publicados en las revistas con índice de impacto (Fig. 19b).

Figura 19. Representación del esfuerzo investigador (porcentaje de publicaciones) que se ha realizado en Galápagos por grupos de organismos: a) publicaciones totales y b) publicaciones en revistas de alto impacto.



3.5.1 Análisis por grupos taxonómicos

Durante la visita de Darwin a Galápagos, su atención se concentró en la fauna más representativa de las islas: las aves y los reptiles. Desde entonces y hasta la actualidad siguen siendo estos los grupos de seres vivos que acumulan más estudios en el archipiélago (45,3% de las publicaciones) (Fig. 20).

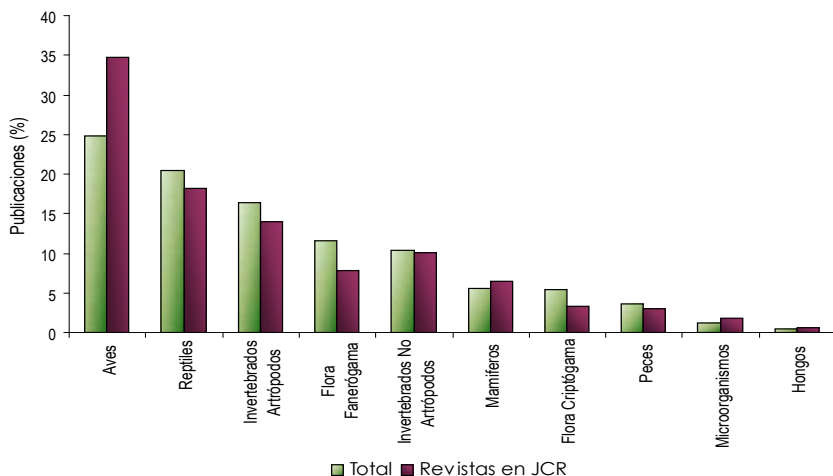
La gran cantidad de estudios dirigidos a estos grupos de animales probablemente tiene que ver con su estado de conservación y con el hecho de ser especies carismáticas y constituir un importante recurso para el turis-

mo. Al momento de creación del PNG las poblaciones de tortugas, iguanas y algunas aves, se encontraban en serio proceso de declive, lo que puede explicar la mayor dedicación y esfuerzo invertido en su estudio.

Los invertebrados artrópodos (insectos, arácnidos, crustáceos, etc.) representan el tercer grupo con más trabajos realizados (480 publicaciones); seguidos de los estudios de flora fanerógama (338 publicaciones) e invertebrados no artrópodos (306 publicaciones; moluscos, bivalvos, gasterópodos, oligoquetos, etc.). Coincide que estos son los grupos más diversos por lo que los estudios se relacionan principalmente con su descripción y distribución, tomando en cuenta que cada año se descubren especies nuevas para la ciencia. El 16,4% restante de los registros agrupa estudios realizados sobre mamíferos, flora criptógama, peces, microorganismos y hongos (Fig. 20), que son los grupos que menos atención han recibido.

En las revistas con índice de impacto se puede observar que son las aves el grupo que se destaca claramente con un mayor número de referencias (Fig. 20). En cuanto al resto de grupos taxonómicos, se mantiene el patrón general antes mencionado, si bien los estudios sobre invertebrados no artrópodos superan a los de flora y ascienden un nivel.

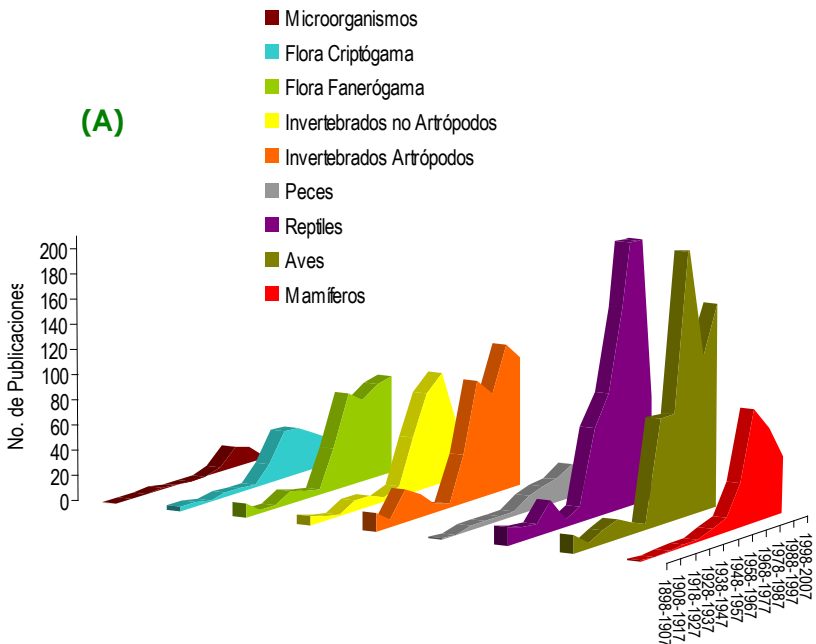
Figura 20. Porcentaje de publicaciones por grupo taxonómico: totales y en revistas de alto impacto.

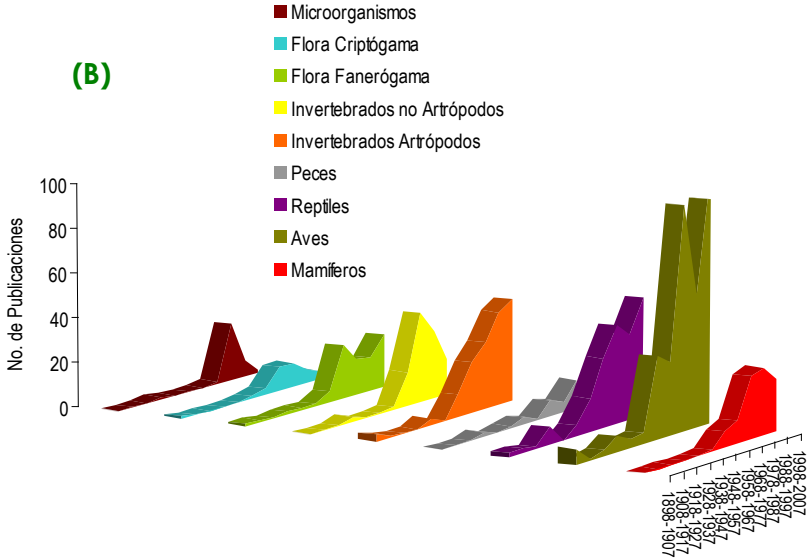


La evolución histórica de las investigaciones, categorizada en función de los distintos grupos taxonómicos, corrobora la dominancia de los estudios centrados en los reptiles y las aves (Fig. 21a), que se ha venido manteniendo desde las primeras etapas de la investigación científica en Galápagos hasta las últimas décadas.

En las publicaciones de alto impacto se muestra un patrón histórico similar al encontrado para el conjunto de la base de datos (Fig. 21b); si bien destaca el mayor porcentaje de investigación realizado en el campo de la ornitología.

Figura 21. Evolución temporal de las investigaciones realizadas en Galápagos en función de los grupos taxonómicos: a) publicaciones totales, b) publicaciones en revistas de alto impacto (1898-2007).

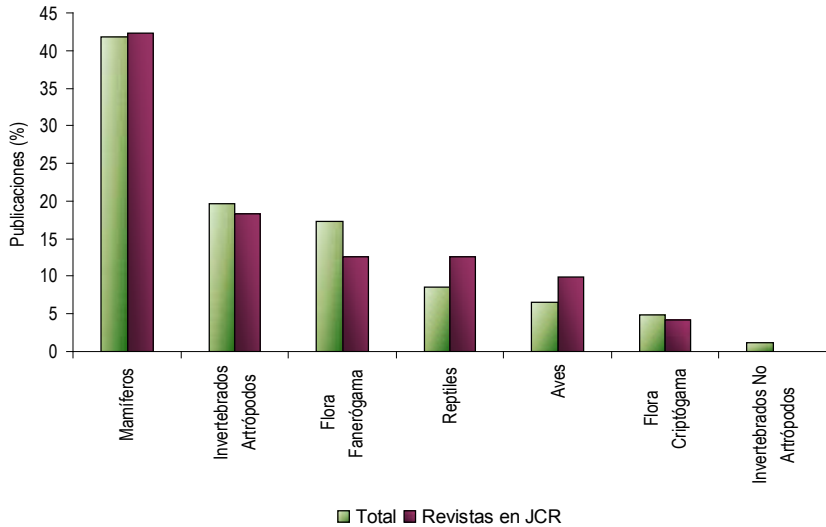




3.5.2 Flora y fauna exótica

Una de las amenazas más importantes que enfrentan tanto la flora como la fauna nativa en ecosistemas insulares lo constituyen las especies introducidas. Galápagos no es la excepción y por tanto se ha considerado importante valorar separadamente el volumen de conocimiento generado en relación a esta temática. Los mamíferos constituyen el grupo que ha recibido mayor atención investigadora dentro de las especies exóticas, tanto en el total de publicaciones (41,8%) como en las publicaciones en revistas de alto impacto (42,3%) (Fig. 22). La presencia de chivos, ratas, cerdos, gatos y perros ha sido el foco principal de investigación, ya que son estas especies las que han ocasionado un mayor desequilibrio en las poblaciones de flora y fauna nativa y endémica. En los siguientes escalones se encuentra la investigación centrada en los artrópodos (19,7%), la flora fanerógama (17,2%), los reptiles (8,6%), las aves (6,6%), la flora criptógama (4,9%) y los invertebrados no artrópodos (1,2%).

Figura 22. Porcentaje de publicaciones sobre especies exóticas por grupo taxonómico: totales y en revistas de alto impacto.

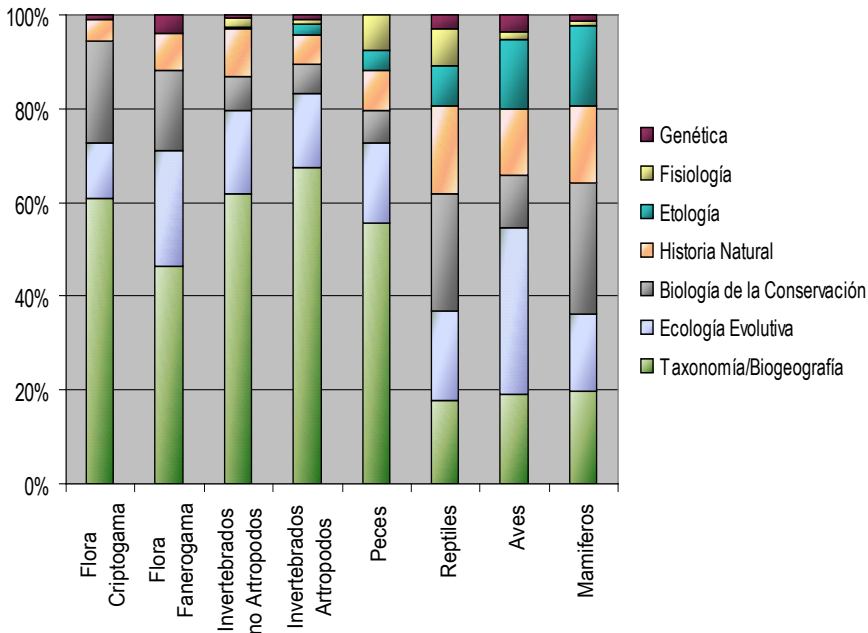


3.5.3 Categorías temáticas por grupos taxonómicos

La descripción de nuevas especies, su distribución geográfica, los estudios taxonómicos y la presentación de listados y catálogos, son los temas que predominan en la literatura para la mayor parte de los grupos taxonómicos analizados, especialmente en el caso de los invertebrados artrópodos y no artrópodos, peces y flora (Fig. 23). Por otro lado, debido a la naturaleza de las islas y los procesos de aislamiento y selección natural que han dado origen a una flora y fauna únicas en el mundo, están también muy representados los estudios de ecología evolutiva sobre dinámica de poblaciones y comunidades de flora y fauna emblemática, amenazada o endémica, especialmente en el caso de las aves (Fig. 23).

Los temas de biología de la conservación también están muy presentes, especialmente los vinculados al estudio de las especies exóticas y su impacto sobre la flora y fauna nativas. Los trabajos generales sobre historia natural de ciertas especies también son importantes, especialmente en los reptiles, aves y mamíferos, al igual que los estudios de etología (Fig. 23).

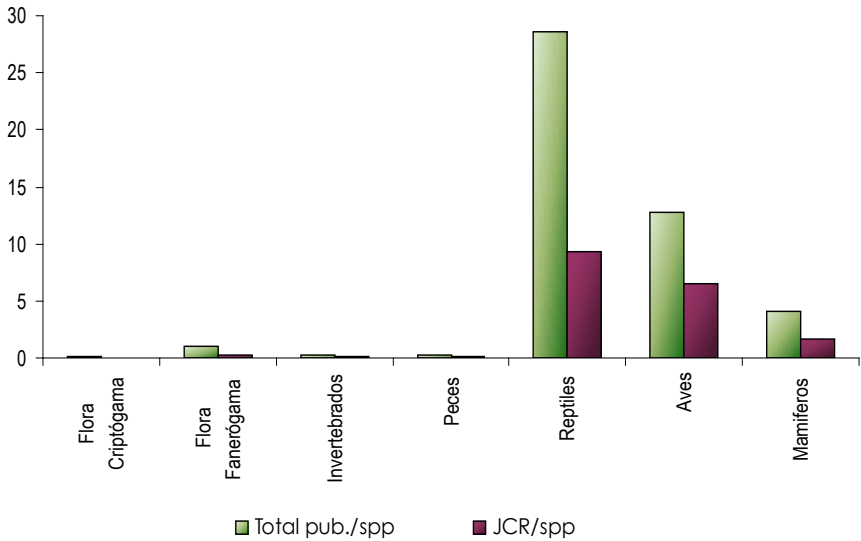
Figura 23. Porcentaje de publicaciones enmarcadas en las principales categorías temáticas para cada grupo taxonómico.



3.5.4 Esfuerzo investigador relativo por grupo taxonómico

Con el objeto de entender mejor la importancia relativa atribuida a cada grupo taxonómico en la investigación realizada en Galápagos, se ha analizado el número de referencias totales y de las publicadas en revistas con índice de impacto en función del número de especies conocidas presentes en el archipiélago (Fig. 24). Se puede observar claramente el sesgo de la investigación hacia el grupo de los vertebrados, con una desproporcionada atención hacia los reptiles y las aves. Por el contrario, resalta el hecho de que determinados grupos, como los invertebrados y la flora, aparecen claramente sub-representados en los trabajos de investigación en relación al número de especies presentes en el archipiélago.

Figura 24. Relación entre el número de publicaciones de cada grupo taxonómico y el número de especies de ese grupo registradas en el archipiélago. Se representa el “número de publicaciones por especie”, tanto en el conjunto de la base de datos y como en las revistas con índice de impacto.



4. Discusión

4.1 Sobre los objetivos de la investigación

En la historia reciente del archipiélago las prioridades de investigación han estado sesgadas hacia aspectos relacionados con las ciencias de la naturaleza. Las publicaciones científicas en este campo han ayudado a completar el conocimiento existente sobre la biodiversidad y los ecosistemas de las áreas protegidas, sirviendo de apoyo a ciertas actividades de gestión; pero contribuyendo escasamente a la resolución de los problemas de fondo que afectan al archipiélago.

Esto se ve también reflejado cuando se analiza el carácter uni- versus multidisciplinario de las investigaciones y su aplicabilidad directa a la gestión. En Galápagos es notable la escasez relativa de estudios multidisciplinarios aplicados al manejo, al igual que de proyectos encaminados al seguimiento y evaluación. Esta carencia ha sido también reconocida por

las propias instituciones encargadas de la gestión del archipiélago. Así, el diagnóstico realizado en el Plan de Manejo del PNG concluye que “el conocimiento científico existente es altamente valioso, pero resulta insuficiente para la solución de los problemas actuales de manejo del Parque Nacional” (PNG 2006).

Galápagos se ha caracterizado por un número importante de proyectos de investigación con enfoque bastante reduccionista, centrado en la descripción y la historia natural de determinadas especies emblemáticas; siendo relativamente pocos los estudios en otros ámbitos que se consideran cruciales para el adecuado manejo y conservación de las islas. Por ejemplo, solo el 2,5% (véase Fig. 9) de publicaciones tienen que ver con el seguimiento y evaluación, cuando estos procesos deberían considerarse como un componente habitual de la gestión adaptativa. El monitoreo es especialmente importante en hábitats insulares dada su gran fragilidad, y la evaluación no debería ser considerada como una alternativa sino como una verdadera necesidad que no sólo ayudará en la mejora de la gestión sino en la credibilidad del instrumento de conservación. Cada vez existe mayor consenso en que una gestión efectiva está estrechamente ligada a sistemas de evaluación y monitoreo bien diseñados y ejecutados (Stem et al. 2005).

Por otro lado, la mayoría de estudios realizados en Galápagos están relacionados con la biocenosis y comparativamente muy pocos se han ocupado del medio físico (sólo 12,9% de las publicaciones). Las islas están entre uno de los grupos oceánicos volcánicos más activos y su historia geológica es crítica para los estudios evolutivos de flora y fauna; al igual que los estudios multidisciplinarios de suelos, aguas subterráneas, sucesiones vegetales en lavas, entre otros. Sin embargo, estos aspectos han recibido comparativamente muy poca atención.

Otra gran carencia en la investigación realizada en Galápagos es la falta de estudios ecosistémicos. Como ya reconocieron en su momento Dorst (1963) y Simkin et al. (1973) y así lo sugieren los resultados del presente trabajo, el principal reto para los científicos es el estudio de los ecosistemas de Galápagos. Debe recalcarse la urgente necesidad de incrementar los estudios centrados en la estructura y funcionamiento de los ecosistemas insulares y marinos, así como en su dinámica temporal (producción primaria, secundaria, flujos de energía, perturbaciones, relaciones tróficas, sucesión, etc.), y los procesos biofísicos, que nos ayuden a entender

mejor su funcionamiento. De igual manera existe un déficit alarmante de estudios hidrológicos, cuyo entendimiento resulta prioritario en un ambiente como el de Galápagos, donde las fuentes de agua dulce son tan escasas y por lo tanto desempeñan un papel crucial para el mantenimiento de la integridad ecológica del archipiélago. Este aspecto es especialmente importante teniendo en cuenta el ritmo de crecimiento de las zonas habitadas y la falta de atención al manejo integrado del agua y su calidad.

De ahí la necesidad de aplicar el enfoque ecosistémico, dado que es la única forma de conservar procesos y hábitats (Franklin, 1993), prestando atención a los niveles de la organización biológica que abarcan los procesos esenciales, las funciones y las interacciones entre organismos y su medio ambiente. Bajo este enfoque se reconoce a los seres humanos, con su diversidad cultural, como componente integral de los ecosistemas (UICN 2005). Incluir al hombre en los modelos de gestión en Galápagos permitiría evaluar interacciones importantes y guiar las prioridades de investigación (Watkins 2007). La presencia humana en Galápagos desde épocas prehispánicas ha sido motivo de controversia y tema de análisis ya que los recursos naturales han sido objeto de múltiples intereses y diversos usos, no siempre acordes con los objetivos de conservación (Carrasco 1993). A lo largo de la corta, pero intensa, historia de las islas, éstas han pasado por momentos críticos de conflicto social producidos principalmente por el crecimiento descontrolado de la población y las actividades económicas (Ospina 2007).

Por lo tanto, sería recomendable que la investigación científica preste mayor atención a los estudios integrales que incluyan aspectos socioeconómicos (migración, pesquería, desarrollo turístico) y de educación, que tan poco entendidos y representados se encuentran en Galápagos. Lo mismo ocurre con el desarrollo de las ciencias tecnológicas y de la salud cuyos estudios son muy escasos en el primero de los ámbitos y casi inexistentes en el segundo. Debido a la situación geográfica de las islas, el costo y riesgos ambientales que suponen el transporte de productos para proveer al archipiélago es bastante elevado. En este sentido, se hace necesario incrementar la investigación para mejorar la producción agropecuaria que pueda abastecer al menos en parte el consumo interno de las islas, para promover el uso de energías alternativas, además de la implementación de técnicas de depuración, reciclaje, manejo de residuos, etc., adaptados a la realidad de las islas y que no comprometan los objetos de conservación.

4.2 Sobre el sesgo taxonómico de la investigación

La existencia de un sesgo taxonómico en la investigación y sus posibles causas ha sido estudiado por varios autores y en distintas áreas geográficas. Clark y May (2002) muestran que las investigaciones no son proporcionales a la frecuencia de los organismos en la naturaleza, existiendo un mayor esfuerzo hacia los grupos y especies carismáticas; por tanto una mayor inversión de fondos para su estudio. También se ha demostrado que las percepciones públicas juegan un rol importante en la formulación de políticas y su implementación (Czech et al. 1998; Martín-López et al. 2009). Por otro lado, existen ciertas diferencias entre grupos taxonómicos que hacen más fácil la investigación científica con unos grupos que con otros (Pawar 2003). Una explicación menos evidente, aunque también posible, son los prejuicios al momento de seleccionar los artículos a ser publicados por parte de editoriales y revisores (Bonnet et al. 2002).

Nuestro análisis muestra que la investigación en Galápagos es mucho mayor en el ámbito de las ciencias de la naturaleza, y dentro de éstas ha estado sesgada hacia el estudio de los vertebrados, con una proporción mucho más alta de trabajos dedicados a las aves y los reptiles (ver Figs. 20 y 24). Resulta notorio, por ejemplo, que el número de especies de peces sobrepasa al de las aves, y sin embargo la literatura contiene casi siete veces más referencias sobre aves que sobre peces. Otro caso lo constituyen los invertebrados, grupo que está considerablemente subrepresentado (26,8% de publicaciones versus 68,8% de especies) frente a los vertebrados (54,6% de publicaciones versus 9,8% de especies) en la investigación realizada.

Teniendo en cuenta que las islas Galápagos y sobre todo su fauna son mundialmente conocidas, quizá el sesgo taxonómico observado esté relacionado a la mayor atención y apoyo público que reciben las especies carismáticas y/o más amenazadas del archipiélago. Normalmente, los seres humanos son más afines a la conservación de organismos evolutivamente cercanos, aquellos que se encuentran en peligro de extinción o los que tienen un valor utilitario y/o estético (Martín-López et al. 2008). Este hecho no sólo condiciona las percepciones y actitudes de la sociedad sino que también, en cierta medida, puede condicionar las directrices de investigación, la política de gestión en los espacios naturales y la asignación de fondos. El interés hacia las especies carismáticas o amenazadas es uno de los factores más importantes que caracterizan la investigación realizada en Galápagos.

Debido a la evolución de la biología de la conservación como disciplina y teniendo presente la existencia del sesgo taxonómico en los estudios, se espera que éste disminuya con el paso del tiempo (Clark y May 2002). Es sin duda también importante que las agencias de financiamiento, organizaciones e investigadores distribuyan de una manera más equitativa el presupuesto y que las revistas sean más igualitarias en la publicación de estudios sobre taxones menos representados. Sin subestimar los trabajos sobre especies carismáticas, hay que tener en mente que aunque su estudio atrae mucho apoyo público y fondos para conservación, esta aproximación generalmente no representa la amplia variedad de especies y favorece una gestión que no es acorde a las necesidades reales de conservación.

Muchas de las investigaciones que se han realizado durante los últimos años en Galápagos no son prioritarias para la gestión de las áreas protegidas o para la resolución de los severos conflictos socio-ambientales existentes. Creemos que esto se debe, entre otras causas, a una falta de coordinación de la investigación (Simkin et al. 1973). Es necesaria una unidad especializada que coordine y administre la investigación en el archipiélago. A pesar de los ejercicios de revisión del conocimiento científico llevados a cabo en Galápagos a través del tiempo y de los intentos de establecer vacíos de información, todavía no existe una política de ciencia y tecnología concertada para las islas (PNG 2006). Se requiere que las autoridades ecuatorianas competentes (INGALA, PNG) asuman el liderazgo en la coordinación y priorización de las necesidades más urgentes de investigación. Tradicionalmente han sido los intereses de las instituciones científicas o de los propios investigadores los que han primado al momento de definir los temas objeto de investigación, lo cual no es raro ya que la mayor cantidad de fondos para investigación provienen de fuentes externas.

4.3 Sobre la aplicación de la investigación al manejo

El archipiélago de Galápagos, considerado como “laboratorio natural de la evolución”, se ha constituido en uno de los lugares más importantes para el estudio de procesos ecológicos y evolutivos.

A pesar del histórico interés científico por Galápagos, que se remonta a la visita de Charles Darwin, fueron la declaración del PNG y la creación de la FCD como organismo de apoyo técnico y científico, los motores que claramente impulsaron la producción científica en el archipiélago. Es ha-

bitual que la declaración de un espacio protegido implique el aumento en la atención dedicada a la investigación (Múgica et al. 2002).

En Galápagos, el 86,2% de las publicaciones se producen con posterioridad a la declaratoria de Parque Nacional. La FCD, a través de la creación de la Estación Científica Charles Darwin (ECCD), estimuló enormemente la investigación en general, lideró gran parte de la investigación realizada y facilitó la realización de proyectos científicos externos brindando apoyo logístico (Simkim et al. 1973).

Se puede decir que la investigación ha contribuido significativamente al fortalecimiento de las acciones de conservación llevadas a cabo en el archipiélago, así como a la formulación de los planes de manejo (Carrasco 1993). Si bien la experiencia de gestión se ha ido perfeccionando con el apoyo de la ciencia, es preciso resaltar que en las últimas décadas han ocurrido importantes cambios sociales en Galápagos que, junto al aumento en la presión sobre los recursos debido al crecimiento poblacional y a intereses económicos y políticos, hacen necesario reforzar la interacción y tender puentes entre los resultados de la investigación y la toma de decisiones para la gestión.

El mundo enfrenta cambios globales sin precedentes en la historia de la humanidad (Carabias et al. 2003). La velocidad y magnitud de estos cambios incrementan la presión sobre los ecosistemas naturales y las áreas protegidas. Es por tanto necesario, distinguir entre la investigación **en** el área protegida y la investigación **para** el área protegida. Si bien las dos son importantes, la primera ya se ha desarrollado en cierta medida en Galápagos y es ahora cuando se necesita de la segunda para alcanzar los objetivos de gestión.

En este sentido, dado el dominio que han tenido las ciencias de la naturaleza a lo largo de la historia de Galápagos, es lógico pensar que éstas han inspirado y dominado las visiones para el diseño de las estrategias de manejo. Ello explica que los planes de manejo hayan sido formulados tomando en cuenta el 97% del territorio que constituye el área protegida, excluyendo el 3% que corresponde a los espacios urbanos y rurales. En este enfoque no se han considerado los procesos que ocurren en o desde esos territorios y tienen enorme incidencia en los ecosistemas. Es así que el interés de vincular la investigación con la gestión de los espa-

cios protegidos adquiere significado en el momento en que se asume la complejidad de los factores socioeconómicos y ecológicos que confluyen en el territorio y, de esta manera, de las decisiones de gestión a adoptar (Múgica et al. 2002).

En Galápagos es preciso llegar a un consenso entre científicos y gestores sobre las prioridades de investigación para la conservación de la biodiversidad y el desarrollo humano en las islas. En general, no se ha realizado una planificación conjunta de las actividades que permita a los científicos y a los gestores encontrar sinergias y determinar las estrategias de trabajo más adecuadas. Esta falta de coordinación y comunicación entre los encargados de realizar la investigación y los responsables de aplicar las medidas de manejo, constituye una de las mayores debilidades que se pueden identificar en el modelo de ciencia desarrollado en Galápagos durante los últimos años (PNG 2006) y se refleja en una producción con un claro sesgo biocéntrico, escasamente aplicada, poco participativa y mayoritariamente unidisciplinaria.

Un aspecto fundamental a tomar en consideración para el análisis de las interacciones entre la investigación y la gestión en espacios protegidos es la accesibilidad de la información y la difusión de los resultados (Múgica et al. 2002).

El archipiélago de Galápagos tiene una historia relativamente reciente. No obstante, la visita de Charles Darwin volcó el interés mundial sobre las islas y marcó claramente un antes y un después en el desarrollo científico del archipiélago (Simkin et al. 1973). Como ya se ha indicado, fue el período posterior a la creación del PNG y de la FCD cuando la evolución científica entró en continuo proceso de expansión. En estas casi cinco décadas, el conocimiento generado sobre las islas es sin duda uno de los más importantes y amplios (en relación al número de trabajos publicados) de las áreas protegidas de Ecuador, y probablemente de América Latina.

La cantidad y variedad de trabajos sugiere que investigadores, estudiantes y gestores tendrían a su disposición tanto información como experiencia para encaminar nuevas propuestas de investigación así como acciones de conservación a través de planes y programas de manejo. Esta afirmación podría ser cierta en teoría, pero varios estudios han demostrado que una de las características comunes a las áreas protegidas suele ser el difícil acceso a la numerosa y normalmente dispersa información

existente (Múgica et al. 2002) y que su búsqueda consume mucho tiempo, por lo que su repercusión es limitada (Fazey et al. 2004). Galápagos no es la excepción a esta regla, como lo refleja el hecho de que solamente la mitad de la información producida en el archipiélago está formalmente publicada. La otra mitad de las investigaciones se encuentra en forma de manuscritos, informes de consultoría o informes internos de limitada difusión; es decir, forman parte de la literatura gris, difícil de identificar y obtener.

Además, los formatos en que se presentan los trabajos científicos son poco accesibles para los gestores, lo que a su vez dificulta el flujo de información. Se ha visto que las investigaciones relacionadas con las ciencias de la naturaleza se difunden mayoritariamente a través de revistas periódicas, de formato casi específico para los científicos. Entre las ciencias sociales, en cambio, predominan los libros o capítulos de libro como medio principal de difusión.

Es fundamental desarrollar mecanismos de recopilación de información que permitan un fácil acceso a la misma y la búsqueda de medios que promuevan una mayor difusión y divulgación de la información tanto entre la comunidad científica como entre los gestores y la sociedad galapagueña en general. En el actual Plan de Manejo del PNG (PNG 2006) ya se considera que debe existir un adecuado flujo eficiente de información para fomentar una cultura científica que facilite la participación y la colaboración de todos los agentes sociales implicados. Además, se reconoce la necesidad de establecer procedimientos para la transferencia e intercambio de conocimientos científicos y tecnológicos sobre los sistemas naturales y humanos de Galápagos entre manejadores, investigadores, técnicos y otras personas y organizaciones interesadas en su conservación.

5. Conclusiones

A pesar de los sólidos vínculos históricos existentes entre ciencia y manejo y del hecho de que Galápagos sea probablemente uno de los lugares más investigados del planeta, resulta evidente que la investigación realizada ha estado claramente sesgada hacia las ciencias biofísicas y hacia determinados grupos taxonómicos, siendo muy escasas las inves-

tigaciones de tipo aplicado e interdisciplinario que aborden los vínculos entre naturaleza, sociedad y economía. Este enfoque mayoritariamente biocéntrico que ha caracterizado a la investigación realizada hasta la fecha en Galápagos, ha permitido que tengamos hoy un conocimiento ciertamente exhaustivo y muy valioso sobre determinados aspectos (ej., biología y ecología de especies emblemáticas, gestión de especies exóticas), mientras que otros procesos sociales o ecológicos esenciales para la sustentabilidad permanecen todavía prácticamente inexplorados (ej., ciclo del agua, ciclos de nutrientes, diversidad funcional, etc.).

Todo ello es probablemente consecuencia de la falta de una verdadera política científica para Galápagos, construida sobre la base de una visión compartida; una deficiencia que el nuevo Plan de Manejo del PNG trata de solventar con su Programa de Investigación Interdisciplinaria e Innovación Tecnológica, pero que todavía no está resuelta.

En los actuales momentos de crisis que vive Galápagos resulta urgente desarrollar un nuevo modelo de ciencia para la sustentabilidad, enmarcado en una política científica en la cual las prioridades se establezcan sobre criterios objetivos y basados en las necesidades reales de conocimiento, antes que responder a los intereses académicos de los propios investigadores o de las instituciones financiadoras. Un cambio que, en última instancia, significaría pasar del actual modelo de “ciencia en Galápagos” a un nuevo paradigma de “ciencia para Galápagos”.

Bibliografía

Bonnet, X., R. Shine, y O. Lourdais. 2002. Taxonomic chauvinism. *Trends in Ecology y Evolution* 1: 1-3.

Carabias, J., J. de la Maza, y R. Cadena. 2003. Capacidades necesarias para el manejo de áreas protegidas: América Latina y el Caribe. The Nature Conservancy, Virginia, USA.

Carrasco, V. A. 1993. Investigación en Galápagos: Un Aporte a la Conservación en: Mena, P.A., y L. Suárez (Eds.) *La Investigación para la Conservación de la Diversidad Biológica en el Ecuador*. Fundación Ecociencia, Quito, Ecuador, pp. 151-165.

Clark, J.A., y R.M. May. 2002. Taxonomic bias in conservation research. *Science* 5579: 191-192.

Czech, B., P.R. Krausman, y R. Borkhataria. 1998. Social construction, political power and the allocation of benefits to endangered species. *Conservation Biology* 5: 1103-1112.

Dorst, J. 1963. Future Scientific studies in the Galápagos Islands en: Symposium presented at the Tenth Pacific Science Congress. *Galápagos Islands: a unique area for scientific investigation*. Occasional Papers of the California Academy of Science 44: 147-154.

Fazey, I., J. Fischer, y D.B. Lindenmayer. 2005. What do conservation biologists publish? *Biological Conservation* 124: 63-73.

Franklin, J. 1993. Preserving Biodiversity: Species, Ecosystems, or Landscapes? *Ecological Applications* 3(2): 202-205

Hoeck, H. 2000. The last forty years. *Bulletin Institut Royal Sciences Naturelles Belgique Entomologie* 70: 11-15.

Martín-López, B., C. Montes, y J. Benayas. 2008. Economic valuation of biodiversity conservation: the meaning of numbers. *Conservation Biology* 22: 624-635.

Martín-López, B., C. Montes, L. Ramírez, y J. Benayas. 2009. What drives policy decision-making related to species conservation? *Biological Conservation* 142: 1370-1380.

Música, M., J. Gómez-Limón, y J.V. de Lucio. 2002. Situación actual de la interacción y la gestión en los espacios naturales protegidos del Estado español, en: *La investigación y el seguimiento en los espacios naturales protegidos del siglo XXI*. Diputació de Barcelona, Barcelona, España.

Ospina, P. 2004. El estudio de la sociedad galapagueña: una bibliografía comentada (1988-2004). Instituto de Estudios Ecuatorianos, Quito, Ecuador (no publicado).

Ospina, P. 2007. Un balance de las ciencias sociales en Galápagos (1985-2006), en: Ospina, P y C. Falcón (Eds.) *Galápagos: migraciones, economía, cultura, conflictos y acuerdos*. Corporación Editorial Nacional, Universidad Andina Simón Bolívar, Quito, Ecuador, pp. 23-39.

Parque Nacional Galápagos. 2006. Plan de Manejo del Parque Nacional Galápagos: un pacto por la conservación y desarrollo sostenible del archipiélago. Ministerio del Ambiente, Quito, Ecuador.

Pawar, S. 2003. Taxonomic chauvinism and the methodologically challenged. *BioScience* 53(9): 861-864

Ponce, A., M. Cifuentes, G. Reck y J. Black. 1986. Establecimiento de la reserva marina Galápagos: Exposición de motivos. *Parques* 11(2-3): 20-22.

Simkin, T., W. Reeder, y C. MacFarland (Eds.). 1973. *Galápagos Science: 1972 Conference*. National Science Foundation, Smithsonian Institution, University of Wisconsin, Washington, USA.

Snell, H.M., H.L. Snell, G. Davis-Merlen, T. Simkin y R.E. Silberglid. 1996. *Bibliografía de Galápagos 1535-1995*. Fundación Charles Darwin para las islas Galápagos, Quito, Ecuador.

Stem, C., R. Margoluis, N. Salafsky y M. Brown, 2005. Monitoring and evaluation in Conservation: a review of trends and approaches. *Conservation Biology*. 19(2): 295-309

UICN. 2005. http://www.sur.iucn.org/corredores/enf_antec.htm

Van Stralen, V. 1963. Introduction en: Symposium presented at the Tenth Pacific Science Congress. Galápagos Islands: a unique area for scientific investigation. Occasional Papers of the California Academy of Science 44: 5-9.

Watkins, G. 2007. A Paradigm shift in Galápagos research. Galápagos Research 65: 33-39.

Wellington, G.M. 1976. A prospectus: proposal for a Galápagos marine park. Noticias de Galápagos 24: 9-13.

Percepciones sociales sobre la ciencia y los científicos en Galápagos

Diego Quiroga y Pablo Ospina

Antecedentes

Hasta ahora hemos examinado el tipo de investigación científica predominante en Galápagos desde el punto de vista de los temas dominantes, de las áreas de interés que han ido modificándose a lo largo de los años, y de las crecientes y cada vez más diversificadas necesidades de manejo de las islas. La conclusión es que tanto el enfoque temático, como la orientación teórica y la finalidad práctica, requieren importantes ajustes si queremos que la investigación científica que se hace en las islas responda a los requerimientos y urgencias del presente. Pero ¿qué podemos decir del tipo de relación que los científicos han establecido con la comunidad local?

Si los temas dominantes han sido predominantemente “naturalistas” y si los científicos han trabajado fundamentalmente sobre temáticas definidas en sus países y sus mundos académicos de origen, pudiera sospecharse una relación muy distante con la comunidad galapagueña. Si a eso añadimos las dificultades institucionales para procesar la información científica en el campo educativo y en los equipos encargados de la orientación de las políticas públicas, el cuadro de la investigación científica en Galápagos puede resultar especialmente distante y ajeno para la población local. En ciertas circunstancias, incluso hostil. Una panorámica de la historia y la situación de la investigación científica en las islas no podía dejar de lado la huella que su paso tan notorio deja en la población de la calle. ¿Qué tanto se conoce, difunde y valora esa investigación entre una población en la que no predominan los especialistas?

Para indagar las opiniones ciudadanas sobre la ciencia y el trabajo de los científicos en Galápagos, realizamos una encuesta de opinión pública en el mes de marzo de 2009. La encuesta incluyó la entrevista de 558 personas en las tres islas pobladas más grandes (Isabela, Santa Cruz y San Cristóbal). El cuestionario fue sencillo y buscó indagar sobre la opinión acerca algunos de algunos tópicos (generalmente negativos) y opiniones que más comúnmente se escuchan en Galápagos: que se gasta demasiado dinero, que los científicos no son objetivos, que se ha estudiado demasiado y hace falta la acción, que la ciencia no se difunde sino que es elitista, etc. ¿Qué tan difundidas están estas ideas? A responder a esta pregunta, dedicamos las siguientes líneas.

Resultados

En general, cuando comparamos los resultados en las diferentes islas podemos observar que la composición poblacional en termino de ingresos, actividad económica, nivel de educación, el contacto con el mundo de afuera y el tipo de interacción que la comunidad ha tenido con el sector de la ciencia y la conservación parecen ser algunos de los factores que determinan la posición de las personas frente a la ciencia, los científicos y la conservación.

Casi tres cuartos de la población galapagueña dice no haber leído ningún artículo o libro científico en el último año. En todos los grupos sociales la

proporción de gente que no ha leído es muy alta. Una mayor proporción de mujeres y de personas de edad dicen no haber leído ningún documento científico en el último año mejor decir que dicen no haber leído (81% de mujeres contra el 63% de varones).

¿Cuál fue el último libro o artículo técnico o científico sobre Galápagos que leyó en el último año?

	TOTAL	Isla			Sexo		Edad		
		Isabela	San Cristóbal	Santa Cruz	Masculino	Femenino	18 a 29	30 a 44	45 y más
No leyó	73,20%	76,90%	70,60%	74,00%	63,50%	81,40%	69,60%	74,00%	80,70%
No recuerda	5,10%	7,70%	6,60%	3,90%	5,80%	4,40%	6,00%	3,60%	5,30%
Evolución de las especies	1,30%	0,80%	0,50%	1,70%	1,50%	1,10%	1,00%	0,70%	2,80%
Charles Darwin	1,00%		1,50%	0,90%	0,70%	1,30%	1,50%	0,50%	0,80%
Informe 2007-2008	0,90%	2,30%	0,50%	0,90%	1,80%	0,10%	0,10%	1,60%	1,40%
Historia de Galápagos	0,80%		1,00%	0,90%	0,90%	0,80%	0,30%	2,00%	
Otros	0,80%		1,00%	0,90%	1,80%		1,20%	0,70%	
Periódicos	0,80%			1,30%	1,10%	0,50%	1,10%	0,70%	
Flora y fauna de Galápagos	0,70%		0,50%	0,90%	0,90%	0,50%	0,90%	0,70%	
Basalto	0,60%	3,80%		0,40%	0,10%	1,00%	0,40%	1,10%	

Nota: El cuadro solo incluye las diez primeras respuestas

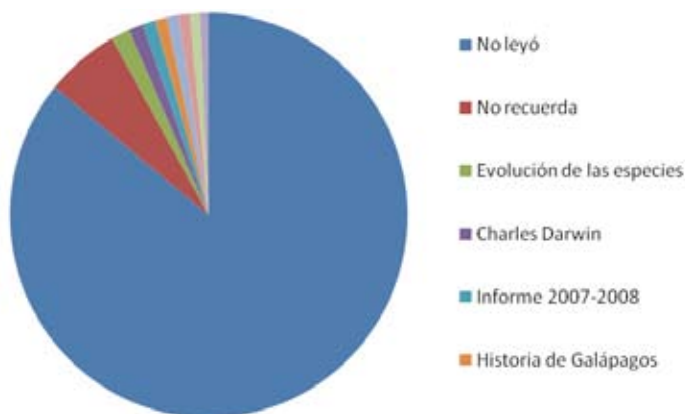


Figura 1. Temas sobre los cuales han leído los encuestados en el último año algún documento técnico o científico.

La FCD y el PNG son las principales instituciones con las que se identifica la existencia de información y estudios científicos: allí es donde mayoritariamente concurrirían en caso de necesidad. El acceso a bibliotecas es bastante limitado, aunque un poco mayor entre los jóvenes. En San Cristóbal encontramos el mayor número de personas que dicen haber leído libros de ciencia, luego le sigue Santa Cruz y al final Isabela. En cuanto al lugar en donde encuentran la información vemos que las instituciones como el PNG, la FCD, el INGALA y los municipios son fuente importante de información. Estas instituciones son consideradas más importantes en Isabela, quizás debido al poco acceso que esta población tiene a fuentes de información escrita, o debido a la mayor confianza que tienen en estas instituciones, y a las diferentes funciones que estas instituciones tienen en cada una de las Islas. La biblioteca en Santa Cruz juega un papel importante en la difusión de la información en esa Isla, mientras que en San Cristóbal es más importante en Centro de Interpretación. En general, el internet juega un papel poco importante siendo relativamente más importante en Isabela y Santa Cruz como fuente de información.

¿A cuáles sitios o instituciones concurriría para encontrar información científica o técnica sobre Galápagos?

	Total	Isla			Sexo		Edad		
		Isabela	San Cristóbal	Santa Cruz	Masculino	Femenino	18 a 29	30 a 44	45 y más
Parque Nacional Galápagos (PNG)	56,00%	78,50%	55,80%	52,80%	55,50%	56,50%	54,60%	55,00%	61,50%
Estación Científica Charles Darwin (ECCD)	53,10%	64,60%	43,70%	56,30%	50,80%	55,10%	53,30%	52,90%	53,20%
Biblioteca	10,60%	2,30%	2,50%	16,00%	7,60%	13,20%	5,90%	13,20%	17,70%
Internet	6,90%	8,50%	5,60%	7,40%	8,20%	5,80%	10,10%	6,10%	0,40%
Ingala	6,70%	20,00%	6,60%	4,80%	7,50%	6,00%	6,50%	5,50%	9,50%
Municipio	3,60%	15,40%	4,60%	1,30%	3,60%	3,50%	4,30%	3,30%	2,10%
No responde	2,90%	0,80%		4,80%	1,90%	3,90%	0,60%	5,40%	4,20%
Cámara de turismo	2,60%		2,50%	3,00%	3,30%	2,00%	2,70%	3,50%	0,80%
Centro de interpretación	2,40%	0,80%	6,60%	0,40%	2,70%	2,10%	4,60%	0,60%	

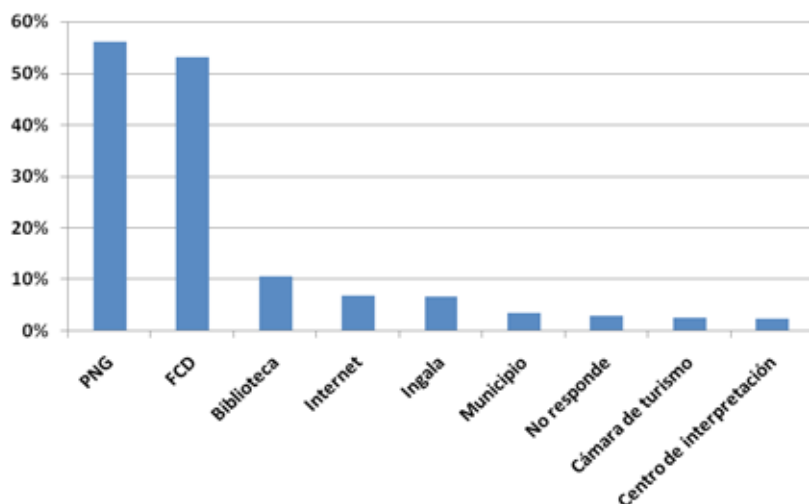


Figura 2. Lugares más mencionados como fuente de información científica.

Aunque es ampliamente mayoritaria la opinión de que debe seguirse investigando, entre las mujeres y los adultos (precisamente aquellos que más admiten no haber leído libros científicos recientemente) es entre quienes mayor proporción de personas piensan que se ha estudiado ya suficiente. Parecería que las personas sienten que si bien es cierto que la investigación puede ser importante, hasta el momento se ha investigado temas de poca relevancia para la gente. El porcentaje de personas que creen que los científicos han realizado demasiadas investigaciones es más alto en el caso Santa Cruz y luego San Cristóbal, es justamente en los dos lugares donde ha existido mayor contacto de la población con los científicos. Un alto porcentaje de las personas en todas las Islas consideran importante que se siga investigando pero es en Isabela donde se considera que debe existir mas investigación. Son también los adultos mayores quienes piensan en mayor proporción que los fondos destinados a la investigación son más de lo necesario (más de 50% entre los adultos, contra 43% en el promedio). Por último, los adultos mayores son quienes en mayor proporción piensan que la población local no recibe ningún beneficio de la investigación científica (62% contra 45% en el promedio general de las islas). Los mayores son también los que tienen la mayor proporción de personas que piensa que la ciencia es un negocio

y menos que piensan que es un “forma de llegar a la verdad”. En general la gente más joven está más abierta a la investigación. Las generaciones más jóvenes tienen una visión más positiva de la ciencia, en parte tal vez porque son generaciones que crecieron después de los conflictos más intensos con los conservacionistas y científicos.

¿Piensa que en Galápagos ya se ha hecho demasiada investigación científica o cree que debe seguirse investigando?

	TOTAL	Isla			Sexo		Edad		
		Isabela	San Cristóbal	Santa Cruz	Masculino	Femenino	18 a 29	30 a 44	45 y más
Se investigó demasiado	13,30%	3,80%	9,10%	16,90%	8,90%	17,10%	12,10%	12,50%	17,90%
Debe seguirse investigando	84,20%	93,80%	89,30%	80,10%	88,40%	80,50%	85,90%	83,90%	80,50%
No responde	2,50%	2,30%	1,50%	3,00%	2,60%	2,40%	2,00%	3,60%	1,60%
TOTAL	558	130	197	231	271	287	269	186	103

La mayoría de personas siente que se ha investigado lo necesario o más de lo necesario en casi todos los grupos en la misma proporción. Como puede apreciarse en la figura 3, existe una importante proporción de personas (casi 30%) que piensa incluso que se ha investigado “mucho más” de lo que en realidad se necesita. En Santa Cruz es donde hay más interés de que los científicos investiguen el tema del cambio climático lo cual quizás tiene que ver con su contacto hacia el exterior. Estos resultados son, en cierta forma, un cuestionamiento mas a la manera como se ha hecho ciencia hasta ahora, que a la ciencia como tal. En todas las islas, pero especialmente en Isabela un número importante de personas consideran que se invierte más o mucho más de lo necesario en investigación científica. Es interesante que exista una aparente contradicción entre esta idea y la idea de que se tiene que hacer más investigación. Estos pensamientos aparentemente contradictorio se los puede observar en todas las islas pero la contradicción es particularmente notable en Isabela. Nuevamente esta diferencia podría deberse a que las personas sienten que se ha invertido demasiado en un tipo de ciencia que no es el adecuado pero que confían que la ciencia puede resolver sus problemas y preocupaciones cotidianas.

¿Cuánto dinero considera que se invierte en investigación en Galápagos?

	TOTAL	Isla			Sexo		Edad		
		Isabela	San Cristóbal	Santa Cruz	Masculino	Femenino	18 a 29	30 a 44	45 y más
Mucho menos que lo necesario	3,70%	1,50%	6,60%	2,60%	4,60%	3,00%	5,90%	0,70%	3,90%
Menos que lo necesario	14,60%	11,50%	20,30%	12,10%	16,30%	13,20%	18,70%	11,10%	10,90%
Lo necesario	36,10%	36,20%	35,50%	36,40%	34,20%	37,70%	36,30%	38,10%	31,90%
Más que lo necesario	13,80%	12,30%	10,70%	15,60%	11,10%	16,00%	10,80%	15,60%	17,80%
Mucho más que lo necesario	29,30%	37,70%	25,90%	29,90%	32,00%	27,10%	26,90%	30,70%	32,90%
No responde	2,50%	0,80%	1,00%	3,50%	1,80%	3,00%	1,50%	3,70%	2,60%
TOTAL	558	130	197	231	271	287	269	186	103

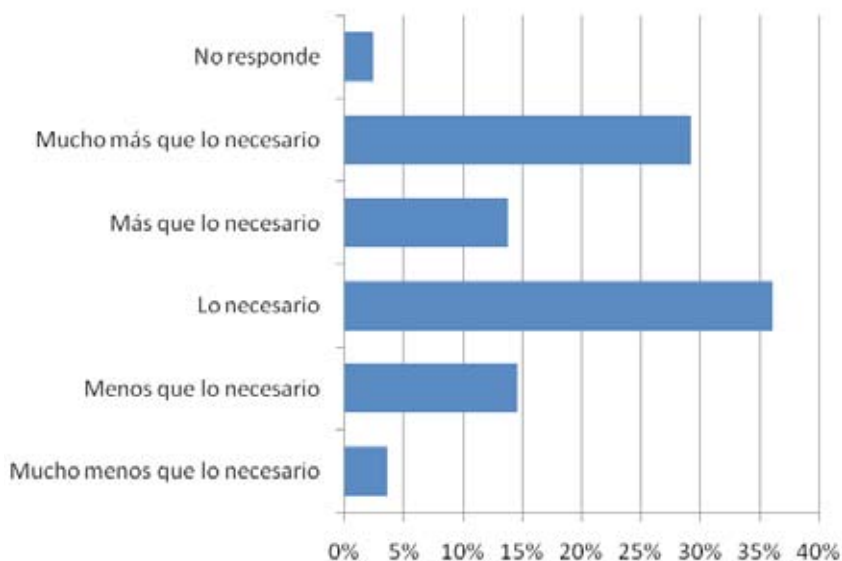


Figura 3. ¿Cuánto dinero considera que se invierte en investigación en Galápagos?

En todos estos temas, los jóvenes tienen una opinión claramente más favorable a la ciencia. La relación entre menor edad y mayor valoración positiva sobre la ciencia y los científicos es bastante generalizada, aun-

que las diferencias se sitúan siempre en torno a los 10 – a 20 puntos porcentuales. Entre mujeres y varones, las diferencias son mucho menos significativas, o cuando las hay, a veces, dependiendo de la pregunta, las respuestas son más favorables a la ciencia entre varones. Las diferencias no son tan sistemáticas como según la edad.

En términos generales, la mayoría piensa que la ciencia beneficia tanto al bienestar de la población como a la conservación de la naturaleza, pero esa mayoría es mucho más clara en cuanto al beneficio a la naturaleza que a la comunidad. Además, la mayoría de las personas consideran que no reciben ningún beneficio personal de la conservación. Este número es más alto en el caso de San Cristóbal. Las dos islas en donde está más desarrollado el turismo, Santa Cruz y San Cristóbal, sienten un mayor beneficio de los aportes de la ciencia al turismo. Las personas sienten que no han recibido un beneficio de la investigación, pero es en el caso de Isabela donde ha existido menor presencia de instituciones de ciencia, es donde la gente siente que dicho beneficio es menor. En San Cristóbal un porcentaje relativamente más alto dice haberse beneficiado del conocimiento específico de las islas.

¿Piensa que la población recibe algún beneficio de la investigación en Galápagos?

	TOTAL	Isla			Sexo		Edad		
		Isabela	San Cristóbal	Santa Cruz	Masculino	Femenino	18 a 29	30 a 44	45 y más
Ninguno	48,40%	47,70%	51,80%	46,80%	51,40%	45,80%	46,20%	44,20%	61,80%
No responde	18,00%	31,50%	8,60%	20,80%	14,20%	21,20%	19,50%	20,50%	9,50%
Turismo / actividad turística / aumento de turismo	9,80%	1,50%	10,20%	10,80%	7,80%	11,50%	9,60%	9,80%	10,10%
Conocimientos-islas-especies-ambiente	7,10%	5,40%	8,60%	6,50%	8,30%	6,00%	7,40%	5,60%	9,00%
Información (Galápagos, turística, nuevas especies)	4,80%	3,80%	3,60%	5,60%	6,20%	3,60%	3,60%	6,30%	5,00%
Conservación de las islas	2,30%	1,50%	2,00%	2,60%	2,50%	2,20%	1,40%	4,70%	0,40%
Comercio	1,70%		3,00%	1,30%	1,30%	2,10%	1,90%	1,70%	1,40%
Educación / estudios a la población	1,10%	1,50%	3,00%		1,90%	0,40%	1,80%	0,50%	0,40%

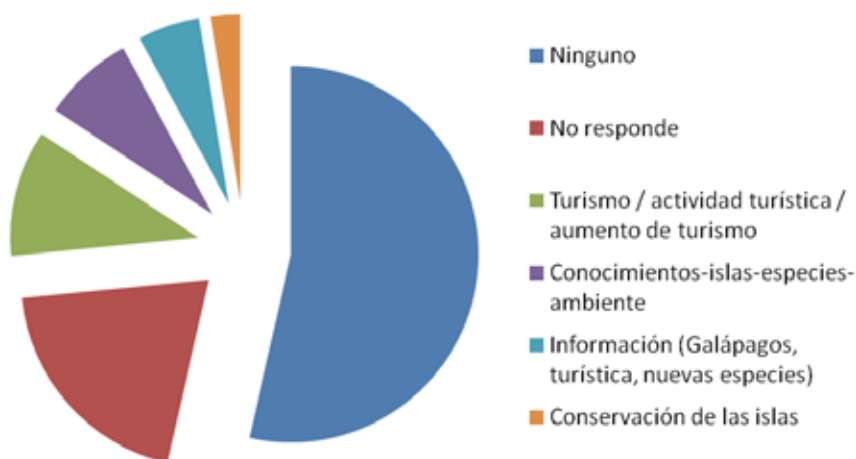


Figura 4. ¿Piensa que la población recibe algún beneficio de la investigación en Galápagos?

Mientras las mujeres son más optimistas de los beneficios sociales y naturales de la ciencia, los adultos mayores siguen siendo los menos satisfechos. Las respuestas a preguntas relacionadas con el beneficio de la ciencia de mantener a Galápagos como un lugar único o como un lugar conocido (beneficio turístico) son casi unánimes en todos los grupos de edad, entre hombres y mujeres y entre islas.

Tanto en Santa Cruz como en San Cristóbal hay el sentimiento que los científicos no toman en cuenta a la gente, adicionalmente en San Cristóbal el sentimiento de que tienen demasiado poder es un más fuerte, mientras en Santa Cruz sienten que desprecian el conocimiento popular. En las dos islas se consideran que si se hace un esfuerzo por difundir la información a la gente. Sin embargo, tanto en Santa Cruz como en San Cristóbal piensan que los científicos buscan más que nada la verdad y existe una idea bastante generalizada de que las instituciones deberían tomar más en cuenta la opinión de los científicos. En Isabela es donde encontramos el mayor número de personas que confían en la ciencia como una manera de llegar a la verdad, mientras que en Santa Cruz el mayor porcentaje que consideran que la ciencia es un negocio. La mayoría de las personas si consideran que la ciencia contribuye al bienestar de la gente, al desarrollo económico y a mantener Galápagos como un lugar único y que sirve para que se conozca mejor el archipiélago. Parece que

la opinión de la ciencia es más positiva que la opinión sobre los científicos y que la gente tiene cierta desconfianza y resentimientos sobre los científicos.

Nivel de acuerdo con diferentes aspectos (Total)

	Muy en desacuerdo	En desacuerdo	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	De acuerdo	Muy de acuerdo	No responde
Los científicos no toman en cuenta a la gente	8,00%	22,90%	17,50%	38,50%	11,50%	1,60%
Los científicos tienen demasiado poder	2,20%	30,10%	19,80%	37,10%	9,30%	1,50%
Los científicos se preocupan por difundir los resultados de sus investigaciones	6,60%	21,20%	13,40%	46,30%	11,00%	1,50%
Las autoridades deberían controlar más el trabajo de los científicos	1,80%	10,90%	13,60%	50,50%	21,80%	1,50%
Los científicos desprecian el conocimiento popular	4,30%	23,20%	21,50%	34,00%	15,40%	1,60%
Los científicos sólo buscan la verdad y no defender intereses particulares	5,20%	16,90%	16,00%	45,90%	13,90%	2,10%
Si las instituciones hicieran caso a los científicos se tomarían mejores decisiones	5,10%	9,60%	13,50%	49,90%	20,50%	1,50%

Nivel de acuerdo con diferentes aspectos (Isabela)

	Muy en desacuerdo	En desacuerdo	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	De acuerdo	Muy de acuerdo
Los científicos no toman en cuenta a la gente	7,70%	15,40%	15,40%	49,20%	12,30%
Los científicos tienen demasiado poder	2,30%	11,50%	13,10%	61,50%	11,50%
Los científicos se preocupan por difundir los resultados de sus investigaciones	4,60%	18,50%	23,80%	41,50%	11,50%
Las autoridades deberían controlar más el trabajo de los científicos		3,80%	17,70%	48,50%	30,00%
Los científicos desprecian el conocimiento popular	3,10%	17,70%	30,00%	43,10%	6,20%
Los científicos sólo buscan la verdad y no defender intereses particulares		10,80%	25,40%	51,50%	12,30%
Si las instituciones hicieran caso a los científicos se tomarían mejores decisiones	1,50%	5,40%	14,60%	55,40%	23,10%

Nivel de acuerdo con diferentes aspectos (San Cristóbal)

	Muy en desacuerdo	En desacuerdo	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	De acuerdo	Muy de acuerdo	No responde
Los científicos no toman en cuenta a la gente	2,50%	33,50%	15,20%	38,60%	10,20%	
Los científicos tienen demasiado poder	0,50%	37,60%	15,70%	36,50%	9,10%	0,50%
Los científicos se preocupan por difundir los resultados de sus investigaciones	3,00%	21,80%	12,20%	55,30%	7,10%	0,50%
Las autoridades deberían controlar más el trabajo de los científicos	1,50%	12,20%	12,70%	59,40%	13,70%	0,50%
Los científicos desprecian el conocimiento popular	0,50%	34,50%	20,30%	37,10%	6,60%	1,00%
Los científicos sólo buscan la verdad y no defender intereses particulares	1,50%	22,80%	19,30%	47,70%	7,60%	1,00%
Si las instituciones hicieran caso a los científicos se tomarían mejores decisiones		9,10%	10,70%	62,90%	16,80%	0,50%

Nivel de acuerdo con diferentes aspectos (Santa Cruz)

	Muy en desacuerdo	En desacuerdo	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	De acuerdo	Muy de acuerdo	No responde
Los científicos no toman en cuenta a la gente	10,80%	18,60%	19,00%	36,80%	12,10%	2,60%
Los científicos tienen demasiado poder	3,00%	29,00%	22,90%	33,80%	9,10%	2,20%
Los científicos se preocupan por difundir los resultados de sus investigaciones	8,70%	21,20%	12,60%	42,40%	13,00%	2,20%
Las autoridades deberían controlar más el trabajo de los científicos	2,20%	11,30%	13,40%	46,30%	24,70%	2,20%
Los científicos desprecian el conocimiento popular	6,50%	18,20%	20,80%	31,20%	21,20%	2,20%
Los científicos sólo buscan la verdad y no defender intereses particulares	7,80%	14,70%	13,00%	44,20%	17,30%	3,00%
Si las instituciones hicieran caso a los científicos se tomarían mejores decisiones	8,20%	10,40%	14,70%	42,40%	22,10%	2,20%

La mayoría piensa que solo unos pocos científicos son creíbles y casi no hay diferencias significativas entre los grupos demográficos, aunque las mujeres tienen una opinión levemente más desfavorable. De todas formas un porcentaje importante, 40% piensa que la mayoría, si no todos los científicos, son confiables. Hay que decir, sin embargo, que encuestas anteriores muestran que la desconfianza en Galápagos no se refiere solo a un grupo profesional particular sino que se extiende a casi todos los habitantes de las islas, sean éstos miembros de instituciones, vecinos o políticos.

¿Cree que los científicos de Galápagos son creíbles?

	TOTAL	Isla			Sexo		Edad		
		Isabela	San Cristóbal	Santa Cruz	Masculino	Femenino	18 a 29	30 a 44	45 y más
Todos	7,00%	3,80%	5,60%	8,20%	6,20%	7,70%	5,70%	7,50%	9,50%
La mayoría	32,00%	31,50%	30,50%	32,90%	34,20%	30,10%	33,20%	30,30%	32,20%
Unos pocos	54,50%	55,40%	56,90%	53,20%	52,20%	56,50%	55,60%	54,90%	51,30%
Ninguno	6,20%	9,20%	6,60%	5,60%	7,40%	5,30%	5,50%	6,70%	7,10%
No sabe	0,20%		0,50%			0,30%		0,50%	
TOTAL	558	130	197	231	271	287	269	186	103

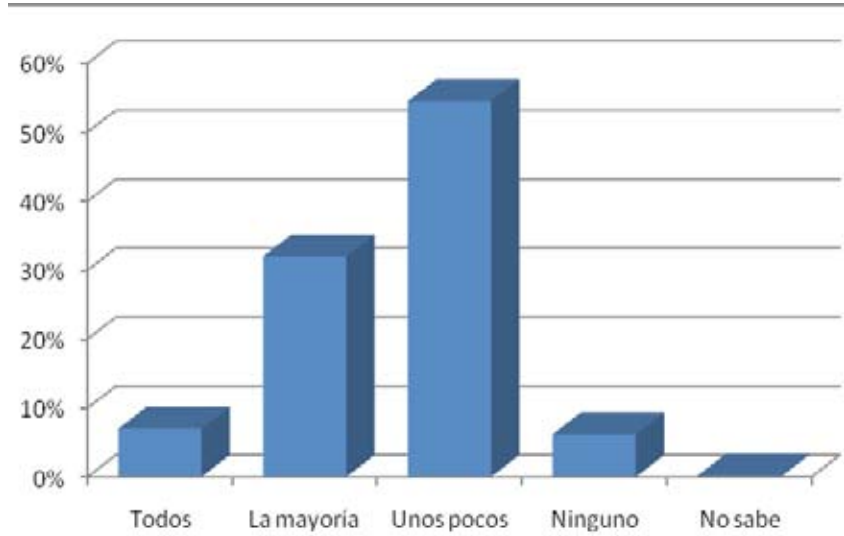


Figura 5. ¿Cree que los científicos de Galápagos son creíbles?

Los temas de mayor interés mencionados por la gente como necesarios de ser estudiados son, como podía preverse, los temas más relacionados con las preocupaciones sociales: la migración, la salud y el saneamiento, así como los impactos del turismo y al ambiente. Podemos ver que en las islas donde se tiene menos recursos para la salud, como es el caso de Isabela, se considera que se necesita más estudio sobre los temas de salud. Sienten que los científicos les van a ayudar en aquellos temas que son más críticos para su bienestar. San Cristóbal es donde se siente que se debe estudiar temas sobre el agua. Existe también un interés para que se investiguen temas relacionados con especies únicas especialmente en Isabela y en San Cristóbal. Santa Cruz es el lugar más interesado en que la ciencia ayude a resolver el problema de la migración, lo cual en gran medida refleja la importancia de este problema social en la isla. Isabela es la isla que tiene más interés en que el modelo de turismo sea más justo. En San Cristóbal, la población está más interesada en aspectos de educación ambiental y considera que los científicos deberían estudiar ese fenómeno. Es en Isabela donde la población considera que los científicos deben trabajar más con el tema de las plantas introducidas. Isabela también está más interesada en el desarrollo de nuevos estilos de vida más sustentables. Daría la impresión de que los habitantes están buscando nuevas maneras de relacionarse con su entorno y consideran que la ciencia puede ser una respuesta a sus deseos y expectativas. En San Cristóbal y en Santa Cruz son las dos islas donde existe más preocupación por el cambio climático.

Temas en que podrían ocuparse los científicos de Galápagos (Primer lugar)

	TOTAL	Isla			Sexo		Edad		
		Isabela	San Cristóbal	Santa Cruz	Masculino	Femenino	18 a 29	30 a 44	45 y más
Impacto de la migración	21,70%	3,10%	12,70%	29,00%	16,70%	25,80%	23,30%	21,80%	17,20%
Salud y saneamiento (Agua potable, basura, etc.)	21,60%	26,20%	22,80%	20,30%	19,70%	23,20%	17,90%	21,90%	30,70%
Impacto del turismo	10,00%	11,50%	12,20%	8,70%	11,10%	9,10%	11,00%	9,10%	9,00%
Impacto de los habitantes de Galápagos	9,10%	3,10%	6,60%	11,30%	11,50%	7,00%	11,50%	8,10%	4,90%

Impacto del cambio climático	7,90%	3,10%	7,10%	9,10%	9,70%	6,50%	6,40%	9,80%	8,50%
Protección de especies únicas de Galápagos	7,20%	26,90%	12,20%	1,70%	7,30%	7,10%	7,00%	8,30%	5,60%
Contribuir a un nuevo modelo turístico más sustentable y más equitativo	4,60%	7,70%	2,50%	5,20%	4,50%	4,70%	4,70%	3,00%	7,20%
Desarrollo de un nuevo estilo de vida más sustentable	3,60%	4,60%	4,60%	3,00%	2,50%	4,60%	2,90%	3,10%	6,60%
Enfermedades transmitidas por animales introducidos	3,10%	2,30%	3,60%	3,00%	4,10%	2,30%	4,10%	2,00%	2,80%
Mecanismos para incrementar la participación de la población	2,80%	1,50%	2,00%	3,50%	1,90%	3,70%	2,40%	4,20%	1,40%
Programas de educación ambiental	2,40%	3,10%	6,10%	0,40%	3,30%	1,70%	2,20%	2,80%	2,30%
Agricultura sostenible	1,70%	3,80%	1,00%	1,70%	1,80%	1,60%	2,60%	0,90%	0,70%
Tecnologías nuevas de manejo de los recursos marinos	1,30%	1,50%	3,00%	0,40%	1,90%	0,90%	2,40%	0,60%	
Erradicación de plantas introducidas	1,30%	1,50%	2,00%	0,90%	2,30%	0,40%	1,00%	2,00%	0,80%
No responde	0,70%		0,50%	0,90%		1,30%		0,70%	2,30%
Impacto de la actividad pesquera	0,40%		0,50%	0,40%	0,90%		0,30%	0,70%	
Comportamiento de los volcanes	0,40%		0,50%	0,40%	0,90%		0,30%	0,70%	
TOTAL	558	130	197	231	271	287	269	186	103

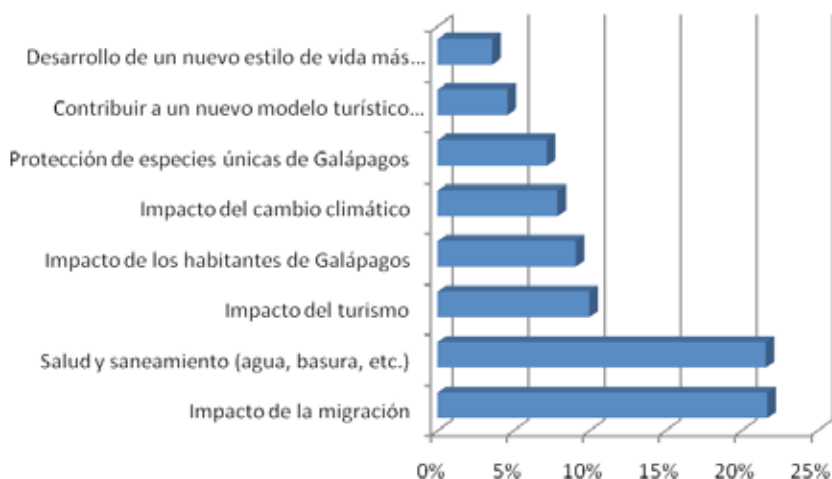


Figura 6. Temas en que podrían ocuparse los científicos de Galápagos (Primer lugar).

Es comprensible también que la migración preocupa más a las mujeres y jóvenes, que la salud preocupa más a los adultos mayores, mientras los temas ambientales fueron más mencionados por los jóvenes y mucho menos por los adultos. Para los jóvenes la ciencia está ligada a la conservación y consideran que es importante para entender y resolver los problemas ambientales mientras que los adultos tienen una mayor confianza en la ciencia para resolver problemas sociales y económicos. Es interesante constatar que no se mencionan temas de educación. Aunque la protección de las especies únicas de las islas no está por lo general como la principal preocupación, en gran parte de las respuestas, está entre los cuatro primeros lugares de preocupación, casi sin ninguna variación entre los grupos demográficos considerados.

La mayoría de personas en San Cristóbal y en Santa Cruz piensan que existe una diferencia entre conservacionistas y científicos y donde parece haber más conocimiento de las diferencias entre los dos, mientras que en Isabela se considera que los conservacionistas aman la naturaleza. En Isabela parece existir una idea más restringida sobre las actividades de los científicos y sus campos de acción y se tiene una visión de que los científicos realizan labores más bien técnicas. Los varones distinguen ligeramente más entre los trabajos de los científicos y los conservacionistas que las mujeres. La ciencia no se la concibe como un sistema o

método sino más bien como una serie de prácticas de investigación especialmente sobre aspectos biológicos, mientras que a los conservacionistas se los ve como guardianes de los recursos en peligro. Existe, en otras palabras, una visión que concibe tanto la ciencia como la conservación como una serie de prácticas aisladas unas de otras y sin relación con una visión más integradora.

¿Cuál es la diferencia entre un conservacionista y un científico? (Conservacionista)

	Total	Isla			Sexo		Edad		
		Isabela	San Cristóbal	Santa Cruz	Masculino	Femenino	18 a 29	30 a 44	45 y más
Se especializa en conservar / cuidar	71,50%	53,30%	72,80%	71,90%	63,80%	79,20%	73,80%	63,10%	80,90%
Protege el recurso investigado	24,30%	26,70%	25,60%	23,40%	28,90%	19,80%	25,40%	27,40%	16,20%
Ejecuta las propuestas de la ciencia	2,20%		0,80%	3,10%	2,80%	1,50%	1,00%	5,00%	
Busca el bienestar natural	1,40%			2,30%	2,80%		2,00%	1,40%	
Ama a la naturaleza	1,10%	10,00%	0,80%	0,80%	2,00%	0,30%	0,90%	0,70%	2,50%
Evita el desarrollo de la población	0,90%			1,60%	0,90%	0,90%	1,00%	1,40%	
Solo hace dinero	0,90%			1,60%		1,90%		2,80%	
Va a los extremos	0,90%	3,30%	0,80%	0,80%	0,60%	1,20%	0,60%	1,70%	

¿Cuál es la diferencia entre un conservacionista y un científico? (Científico)

	Total	Isla			Sexo		Edad		
		Isabela	San Cristóbal	Santa Cruz	Masculino	Femenino	18 a 29	30 a 44	45 y más
Solo investiga, animales, especies, fenómenos	65,00%	75,90%	62,30%	65,90%	62,50%	67,40%	63,80%	66,90%	64,60%
Es técnico, basado en conocimientos / estudios	11,70%	20,70%	15,60%	9,10%	10,60%	12,80%	9,50%	9,00%	22,40%
Busca la verdad	11,00%	10,30%	9,00%	12,10%	13,40%	8,70%	9,90%	13,60%	9,00%
Descubre nuevas cosas	10,00%	10,30%	11,50%	9,10%	10,90%	9,00%	11,70%	9,50%	6,50%
Busca información precisa	2,80%			4,50%	2,90%	2,80%	3,00%	4,00%	
Especifica el desarrollo científico	2,70%	3,40%	3,30%	2,30%	1,40%	3,90%	2,80%	2,50%	2,50%

Tiende a llegar a una conclusión / solución	2,20%	6,90%	1,60%	2,30%	4,50%		2,50%	3,10%	
No toma en cuenta nada	1,40%	3,40%	2,50%	0,80%	2,40%	0,60%	1,90%	0,80%	1,50%
Inventa cosas	1,40%			2,30%	1,90%	0,90%	2,00%	1,30%	

Conclusión

Como indicamos en los capítulos anteriores, la nueva ciencia de los sistemas socio ecológicos requiere un entendimiento de los procesos que vinculan los sistemas naturales con los sistemas sociales. La importancia de dichos aspectos hace que cada vez sea más relevante generar estudios interdisciplinarios que apunten a entender mejor dichas relaciones. Además de entender los procesos y las retroalimentaciones que los vinculan, es necesario desarrollar estudios que nos permita apreciar la manera en la cual los procesos socio-ambientales generan o limitan la sostenibilidad ambiental y social.

Las personas mayores y las que han tenido más contacto con los científicos parecen tener una visión más negativa de la ciencia. Los jóvenes tienen una posición más favorable hacia la ciencia y la conservación. En las islas donde ha existido mayor interacción con los científicos parece que existe más rechazo a su actividad. Estos datos y el hecho de que es la población de más edad la que rechaza la ciencia parecen indicar que durante la época en la cual dominaba un discurso y unas prácticas conservacionistas exclusivamente “naturalistas” se podrían haber generado las reacciones más desfavorables sobre la ciencia, dada su relación estrecha con las labores de protección ambiental.

El rechazo o la aceptación de la ciencia por los actores locales es un factor importante de la sustentabilidad del sistema ya que refleja la confianza o desconfianza que las personas tienen no solamente en el método científico sino en el tipo de investigaciones que han realizado los científicos, sus prioridades, sus opiniones y recomendaciones. Como dijimos antes, es posible que este rechazo entre ciertos segmentos de la población pudiera estar conectado con las relaciones tensas que existieron entre científicos y conservacionistas, por un lado, y la población local, por otro, debido a que tradicionalmente la ciencia se preocupaba por problemas que apa-

rentemente no tenían ninguna relevancia para resolver sus problemas de la vida cotidiana.

Los análisis reflejan la posición crítica que existe de parte de ciertos sectores sociales en contra de lo que se considera una ciencia distante, poco interesada en apoyar a las personas que viven en las islas. Esto se explica parcialmente debido a la posición de muchos científicos y de las instituciones que promovieron la ciencia evolutiva, cuyo principal objetivo ha sido tradicionalmente el estudio de los procesos biológicos y evolutivos y la defensa del ecosistema de las islas, sin establecer relaciones con las necesidades de la población local, la cual ha sido considerada frecuentemente como uno de los principales problemas para la conservación. El resultado de este proceso histórico es que actualmente existen dos visiones de la naturaleza y de las islas Galápagos que se confrontaron durante décadas. Una de ellas busca encontrar en Galápagos un “laboratorio natural” donde estudiar hipótesis diversas sobre los mecanismos y los procesos evolutivos naturales sin la interferencia humana. La otra, consideraba las islas como un terreno en el cual realizar sus actividades diarias. Las interacciones entre ambas permanecían ocultas o en las sombras. Es posible que por estas razones perdure en la población adulta un sentimiento de que la ciencia debería servir para generar respuestas específicas a sus problemas cotidianos y no para atender interrogantes lejanos y distantes de su realidad cotidiana.

Del análisis aparece claramente la importancia de mejorar la relación entre la sociedad civil y los científicos. Las instituciones educativas pueden jugar un papel importante en cuanto a promover una visión distinta de las funciones y del proceso científico. La ciencia y la investigación en los últimos veinte años se han acercado mucho más a los problemas que preocupan a las personas y a las comunidades. Es importante que el sistema educativo resalte la importancia de las islas para la ciencia mundial y las ventajas prácticas o culturales que la población local puede obtener de esa circunstancia y de la fuerza iconográfica que tiene el archipiélago. También por estas razones, es necesario que los científicos estudien los aspectos que vinculan a los dos sistemas y su relación con el bienestar de la población local.

Entendiendo Galápagos como un sistema socioecológico complejo: implicaciones para la investigación científica en el archipiélago¹

Washington Tapia, Pablo Ospina, Diego Quiroga,
Günther Reck, José A. González y Carlos Montes

Nadie cuestiona hoy en día que es preciso conservar la naturaleza de Galápagos. Así lo asumen las distintas políticas de Estado, expresadas en normas legales y en los instrumentos de planificación vigentes. Sin embargo, a pesar de los notables esfuerzos realizados en los últimos años a nivel local, nacional e internacional, creemos que no existe aún una visión compartida sobre el qué, el cómo y el para qué conservar Galápagos. Si bien todos los actores

¹ El presente artículo, en particular sus primeras secciones, se nutre del manuscrito elaborado por los autores, junto a Eliécer Cruz, Brian Milstead, Matthias Wolff, Graham Watkins, Carlos Carrión, Mario Piu y Marco Oviedo, el cual fue publicado como introducción al Informe Galápagos 2007-2008 (Tapia et al, 2008).

reclaman la conservación y el desarrollo sustentable como objetivo último de sus actividades, cada uno lo hace desde su propia visión particular de lo que es el archipiélago y de lo que significa para la población local, el Ecuador y el mundo. Los intentos de concertación han consistido, por lo general, en establecer ciertos consensos aceptables para los distintos actores sociales, pero sin abordar las discrepancias de fondo y las causas profundas (o estructurales) de los problemas.

El resultado es que el archipiélago sigue envuelto en una profunda crisis socioecológica, que se ve reflejada en el crecimiento exponencial de distintas variables críticas (población, turistas, especies exóticas, parque automotor, consumo de combustible, etc.), y que amenaza su sustentabilidad futura (Watkins y Cruz, 2007; González et al., 2008). Esta situación llevó a la UNESCO a declarar a Galápagos como Patrimonio Natural en peligro en Junio de 2007.

Huyendo de catastrofismos, la actual situación no debería verse como algo necesariamente negativo, sino como una verdadera oportunidad para aprender de los errores pasados y romper las resistencias al cambio. Reconocer que tenemos problemas es el primer paso en cualquier proceso de transformación y, en este sentido, la actual crisis se convierte en una nueva ocasión (quizá la última) para poder reconducir el archipiélago hacia un modelo de desarrollo más sustentable.

Galápagos necesita cambios de fondo y así lo ha reconocido el Gobierno ecuatoriano cuando en 2007 declaró en riesgo y de prioridad nacional la conservación y el manejo ambiental de los ecosistemas del archipiélago. Pero la cuestión es ¿qué cambiar? El Plan de Manejo del Parque Nacional Galápagos (PNG) (PNG, 2005) reconoce que en las tres últimas décadas se ha invertido un enorme esfuerzo atacando los efectos y no las causas reales de los problemas. Para poder abordar y reconducir eficazmente la situación se necesita mirar a Galápagos desde una óptica diferente que permita entender donde están las causas profundas de la crisis.

Entendiendo Galápagos como un sistema: el todo es mucho más que la suma de las partes

A pesar de algunos intentos recientes de analizar los problemas de Galápagos desde una perspectiva holística e integradora (MacFarland y Ci-

fuentes, 1996; PNG, 2005; Watkins y Cruz, 2007; González et al., 2008), lo cierto es que hasta el momento han predominado en el archipiélago las visiones más sectoriales y no se ha abordado aún la situación desde un punto de vista verdaderamente sistémico.

Definir a Galápagos como un “sistema” implica entenderlo como una entidad formada por unidades interdependientes que funcionan como un todo. Pero además, todos los sistemas tienen una serie de propiedades emergentes que nacen de las interacciones de sus componentes. Así, desde una perspectiva sistémica, el “todo” es mucho más que la suma de las partes. Un sistema no se puede comprender, ni mucho menos gestionar eficientemente, si no se conocen y manejan los flujos (energía, materiales, información) que vinculan y conectan a sus diferentes componentes.

En Galápagos, los distintos componentes del sistema guardan estrechos vínculos entre sí y están interconectados por flujos biofísicos, económicos y socioculturales que operan a distintas escalas espacio-temporales. Los principales flujos de entrada al sistema serían los de materiales y energía procedentes de la escala nacional, así como un importante flujo de personas y de especies exóticas. Desde el ámbito internacional son notables los flujos financieros y simbólicos, que resultan determinantes a la hora de definir y explicar el estilo de vida actual de los habitantes del archipiélago (Figura 1).

Por otra parte existen importantes flujos de salida del sistema, que se concretan especialmente en el enorme flujo financiero desde las islas hacia los niveles nacional e internacional, así como el flujo simbólico/informativo que queda reflejado en el enorme valor del archipiélago para la ciencia a nivel global y su significado como Patrimonio Natural de la Humanidad.

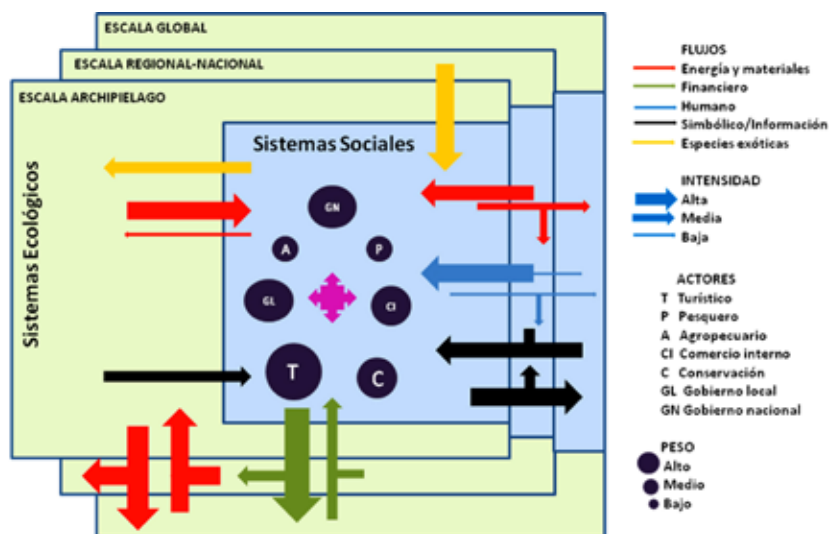


Figura 1. El modelo de flujos que determinan la dinámica actual del sistema Galápagos a distintas escalas espaciales permite visualizar al archipiélago como un sistema abierto y altamente vulnerable a las perturbaciones, dada su gran dependencia del exterior (tomado de Tapia et al, 2008).

El diagrama de flujos muestra a Galápagos como un sistema abierto y altamente dependiente del exterior. El archipiélago aparece como importador de capital humano, energía y materiales, a la vez que exportador de riqueza y valores simbólicos a través del turismo y la ciencia.

El mantenimiento de los procesos ecológicos y evolutivos característicos de Galápagos, así como de su biodiversidad y ecosistemas únicos, depende en buena medida del aislamiento que ha caracterizado al archipiélago durante la mayor parte de su historia (Bensted-Smith, 2002). Por otra parte, la población humana que habita las islas demanda un creciente flujo de bienes y servicios provenientes del exterior del sistema. Hacer posible la coexistencia de las especies y ecosistemas del archipiélago con la sociedad humana no es una tarea sencilla y parece claro que en esta dialéctica actualmente está imponiéndose un modelo de creciente apertura al exterior.

Esta visión integrada nos muestra a Galápagos como un sistema muy frágil dada su elevada dependencia del exterior. La vulnerabilidad del archipiélago resulta particularmente preocupante en el actual contexto de

“cambio global” en que nos encontramos, entendido este como el conjunto de los cambios ambientales generados por la actividad humana que, trascendiendo las escalas local y regional, están modificando los procesos biogeofísicos esenciales que determinan el funcionamiento global de nuestro planeta (Duarte, 2006). Es por ello que las soluciones a los problemas actuales de Galápagos no pueden venir solo de iniciativas locales sino que deben buscarse a varias escalas.

Galápagos como un sistema socioecológico complejo: los estrechos vínculos entre los ecosistemas y el bienestar humano

Uno de los elementos que puede contribuir a explicar por qué las políticas de sustentabilidad en Galápagos no han alcanzado objetivos sustanciales ha sido el suponer que el desarrollo de la sociedad humana y la conservación de la naturaleza no están lo suficientemente ligados como para que sea necesario hacer una gestión integrada y sistémica del territorio. De algún modo, se ha venido aceptando que la naturaleza y la sociedad se pueden administrar de una forma más o menos independiente sobre la base de un respeto mutuo, buscando un hipotético equilibrio entre conservación y desarrollo.

La realidad, sin embargo, nos muestra que el sistema socioeconómico de Galápagos está profundamente arraigado e indisolublemente vinculado con los ecosistemas insulares y marinos con los que interactúa de forma dinámica y de los cuales depende (González et al., 2008). Existen varias aproximaciones teóricas que intentan capturar esta interacción dinámica de sistemas que han sido abordados por disciplinas académicas distintas. Todas ellas tienen en común aceptar el punto de partida de que los sistemas sociales son parte de un sistema mayor. Una forma de decirlo es que los sistemas sociales existen y se desarrollan como parte de lo que podemos denominar un Sistema Socioecológico (SSE), definido como un sistema ecológico que está íntimamente ligado con, y se ve afectado por, uno o más sistemas sociales (Anderies et al., 2004). Esta aproximación enfatiza la perspectiva de los “humanos en la naturaleza” (Berkes y Folke, 1998).

En este sentido, Galápagos se puede conceptuar como un tipo particular de SSE (González et al., 2008). Por un lado, el sistema natural y el

socioeconómico comparten muchas características y están ligados por procesos dinámicos y mecanismos recíprocos de retroalimentación, con un importante intercambio de energía y materiales a través de sus fronteras. Estos vínculos han sido y seguirán siendo, un factor determinante de la situación del archipiélago. Las actividades económicas, incluyendo el turismo, la pesca artesanal, o la agricultura, dependen de la integridad de los ecosistemas nativos y de los servicios que estos generan.

Por otro lado, la conservación futura de la biodiversidad y los ecosistemas únicos característicos de Galápagos, dependerá en buena medida de los habitantes e instituciones locales y nacionales, quienes deben en última instancia asumir la responsabilidad de mantener prácticas sociales y económicas sustentables y adaptadas a la fragilidad del archipiélago.

En cualquier caso, a pesar de que Galápagos se comporta en general como un sistema socioecológico complejo, parece claro que lo hace de forma distinta, y que su dinámica y funcionamiento no se ajustan exactamente al paradigma clásico de “seres humanos en la naturaleza”. El aislamiento histórico, la ausencia de una población aborígen, y la colonización relativamente reciente de las islas, le otorgan a Galápagos un carácter claramente diferencial y único, ya que estos factores han impedido que tenga lugar la co-evolución de fuerzas naturales y culturales, tan característica de la mayor parte de los sistemas socioecológicos de áreas continentales y de otros archipiélagos oceánicos (Davidson-Hunt y Berkes, 2003; Carpenter y Folke, 2006).

Entender Galápagos como un SSE implica que los ecosistemas y la sociedad deben conceptuarse y gestionarse como un todo, como una sola entidad integrada y unitaria. Esta forma de pensar-actuar ayudaría a romper la dicotomía existente entre la conservación y el desarrollo, ya que los modelos de intervención se centrarían prioritariamente en la gestión sistémica de las relaciones y los procesos que vinculan los sistemas humanos y naturales, y no tanto en la gestión de sus componentes.

El modelo conceptual desarrollado para comprender Galápagos como un sistema socioecológico (Figura 2) resalta los estrechísimos vínculos bidireccionales existentes entre el sistema social y el capital natural. El capital natural se entiende como los ecosistemas insulares y marinos que mantienen su integridad ecológica (estructura, dinámica, funcionamiento y capacidad de auto-organización) y son capaces de generar un conjunto de servicios esenciales para el desarrollo humano a distintas escalas

espaciales (regional, nacional e internacional) y temporales (presentes y futuras generaciones).

La integridad ecológica del sistema natural depende, en esencia, de la conservación de la estructura y funcionamiento de los ecosistemas insulares y marinos del archipiélago, que a su vez descansan en la biodiversidad y en el mantenimiento del potencial evolutivo y de procesos ecológicos esenciales como la producción primaria, el ciclo del agua, los ciclos de nutrientes y los sistemas de corrientes.

Por su parte, la dinámica del sistema social se sostiene sobre diversos procesos culturales, sociopolíticos y económicos, mediados por una serie de actores que interactúan de forma compleja entre ellos y con el sistema natural. Esas interacciones están comandadas por lógicas de relación parcialmente independientes de las pautas de funcionamiento de los ecosistemas, como el balance de poder entre actores, el juego entre sus intereses materiales y las herencias culturales en las cuales se mueven.

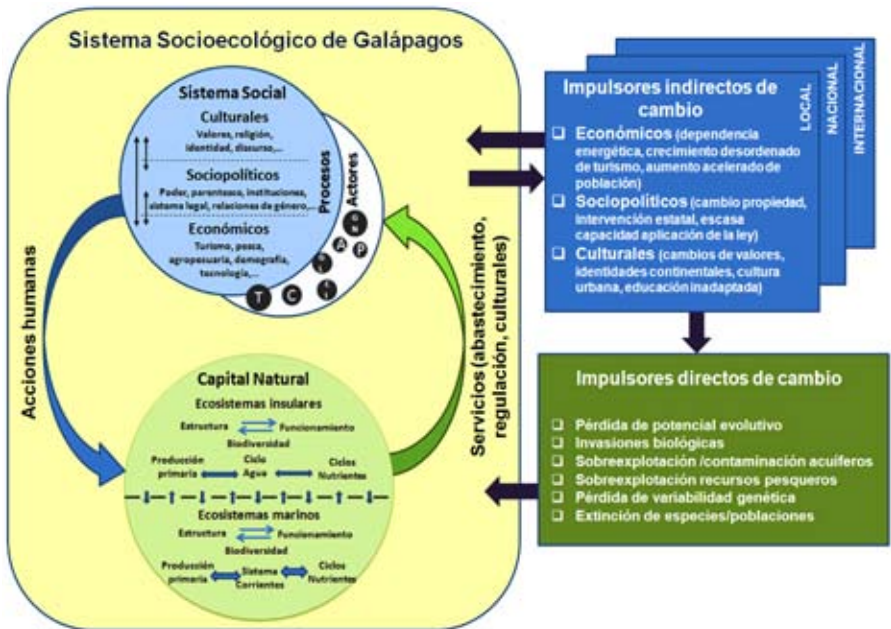


Figura 2. La conceptualización de Galápagos como un sistema socioecológico complejo permite entender las relaciones de dependencia entre el sistema social y los ecosistemas insulares y marinos, así como identificar las verdaderas causas de los problemas, que residen en los impulsores indirectos de cambio (tomado de Tapia et al, 2008).

Desde el interior del sistema social y cultural se generan distintos factores “impulsores” de cambios, que actúan directa o indirectamente sobre el sistema en su conjunto, determinando su dinámica. Estos grandes impulsores de cambio, especialmente los “indirectos” (económicos, sociopolíticos y culturales) operan a distintas escalas espacio-temporales provocando efectos notables sobre el funcionamiento del sistema socioeconómico y cultural. Pero, a su vez, generan una serie de impulsores directos de cambio que alteran significativamente la integridad ecológica de los ecosistemas insulares y marinos.

Las políticas de gestión verdaderamente eficientes son aquellas que se ocupan de atacar las causas últimas de los problemas en vez de centrarse en sus efectos. Por ello, los mayores esfuerzos en Galápagos deberían dirigirse a gestionar los impulsores indirectos de cambio.

Cambiando paradigmas: la necesidad de una nueva forma de pensar-actuar

Los rápidos e intensos cambios experimentados por Galápagos en los últimos años han generado un territorio compartimentado con dos vocaciones diferentes: por un lado la conservación y por otro el desarrollo. La gestión y el ordenamiento territorial han buscado minimizar el impacto de las actividades humanas que podrían afectar a los ecosistemas. Con ello se ha creado una brecha territorial para todo un conjunto de procesos e interrelaciones socioecológicas: las áreas protegidas versus las zonas habitadas.

Hoy se ha visto que este tipo de modelo territorial contrastado no es muy útil para conservar los ecosistemas y la biodiversidad de Galápagos. Por una parte, por más amplios que sean los límites de las áreas protegidas, las interacciones sociales y los impulsores indirectos seguirán afectando al territorio protegido porque la sociedad galapagueña depende de él y lo seguirá usando, cambiando o alterando. Por otra parte, determinados procesos biogeofísicos esenciales para la integridad ecológica y la resiliencia de los ecosistemas de Galápagos dependen fuertemente de territorios ubicados fuera de los límites de las áreas protegidas.

Para analizar la actual situación del archipiélago y poder diseñar modelos innovadores de gestión que permitan cambiar las tendencias y solucionar

la presente crisis socioecológica, resulta imprescindible entender y mirar a Galápagos de una forma diferente. Ello supone considerar a la población local como parte de un sistema socioecológico complejo, que debe mantener su funcionalidad (producción primaria, ciclo del agua, ciclos de nutrientes, sistemas de corrientes, etc.) si se quiere conservar la biodiversidad que alberga y garantizar, en última instancia, el bienestar de las sociedades humanas.

El análisis de los principales impulsores de cambio, que influyen en la dinámica del sistema y que constituyen la causa última de la actual crisis, pone claramente de manifiesto que los problemas no tienen su origen en el sistema natural sino en el sistema socioeconómico y cultural, con el turismo actuando como el principal impulsor indirecto de cambio.

El turismo es, en efecto, la principal actividad económica del archipiélago, la que empuja, impulsa y determina la dinámica de las demás, alienta en último término la migración y provoca una creciente apertura de la provincia al exterior. Si bien genera ciertos impactos directos sobre el sistema natural (residuos y contaminación, entre otros), sus principales impactos serían los indirectos, que afectan al conjunto del sistema socioecológico a través de la aceptación y mantenimiento de una lógica económica basada en el crecimiento sin límites, el aumento del consumo y la acumulación de la riqueza material.

Las políticas innovadoras de gestión que aspiren a reconducir Galápagos hacia modelos de desarrollo verdaderamente sustentables deberían, en último término, concentrarse en alterar la lógica misma de funcionamiento de la economía local, del balance existente en las relaciones de poder internas y de las relaciones con grupos económicos externos al archipiélago. Es el poder de estas estructuras (culturales, económicas y políticas) que, en buena medida, dificulta el desarrollo de un consenso y una visión compartida sobre el futuro de Galápagos.

Parece claro que el sistema ecológico necesita de medidas urgentes que mejoren su capacidad adaptativa frente a las perturbaciones y cambios producidos por las actividades humanas y la progresiva pérdida del aislamiento geográfico del archipiélago. Pero, de igual forma, es imperativo aceptar que el sistema social requiere con urgencia de una total y verdadera transformación de sus estructuras para poder enfrentar con éxito la actual crisis. Sin esta transformación, ninguna de las políticas o modelos de gestión que se implementen resultarán eficaces en el mediano y largo

plazos, conduciendo inevitablemente a una pérdida progresiva del capital natural del archipiélago con efectos impredecibles sobre la calidad de vida y el bienestar de las presentes y futuras generaciones, lo cual en determinado momento podría significar el colapso tanto de la población humana como del propio capital natural.

Creando puentes entre la investigación y la gestión: hacia una ciencia de la sustentabilidad para Galápagos

Tal como se ha resaltado en distintos capítulos de este libro, los históricos vínculos que han existido entre la investigación y el manejo en Galápagos han sido ampliamente reconocidos a nivel internacional, constituyéndose en una de las mayores fortalezas para la conservación del archipiélago. Históricamente, la forma de colaboración más estable y duradera ha sido la mantenida entre la Fundación Charles Darwin (asesorando y realizando investigación) y el Parque Nacional Galápagos (desarrollando las políticas y acciones de manejo y monitoreo), que se remonta a la década de los sesenta del siglo pasado.

A pesar de los éxitos logrados, trabajos recientes (Santander et al., en el presente volumen) ponen de manifiesto el gran sesgo que ha tenido la investigación hacia determinadas disciplinas científicas y en concreto hacia determinados aspectos relacionados con biología de especies emblemáticas o amenazadas. Asimismo, resulta llamativo el hecho de que buena parte de la investigación realizada en el archipiélago haya sido unidisciplinaria y de carácter básico, siendo realmente escasos los trabajos enfocados hacia el estudio de los vínculos entre la naturaleza, la sociedad y la economía en el archipiélago. Este énfasis biocéntrico ha dominado la investigación en Galápagos durante varias décadas, y es justo reconocer que ha servido para generar un conocimiento profundo y muy valioso sobre determinados aspectos relacionados con la biodiversidad y sus problemas de conservación.

Lo preocupante, sin embargo, es que existe todavía una enorme escasez de información sobre determinados procesos ecológicos y socio-culturales, cuyo conocimiento resulta esencial para tomar decisiones de manejo informadas y para desarrollar las políticas que Galápagos necesita para encaminarse hacia la sustentabilidad. En ausencia de una verdadera

agenda de prioridades de investigación ampliamente consensuada, promovida e impulsada por las autoridades locales y nacionales, han predominado habitualmente los enfoques sectoriales, guiados más por las preferencias coyunturales de las instituciones y de los propios investigadores, más que por las necesidades de conocimiento aplicado a la resolución de los verdaderos problemas de fondo (si bien es cierto que en los últimos años ha comenzado a invertirse esta tendencia).

La investigación científica es básica para generar el conocimiento necesario que permita tomar decisiones de manejo sólidas e informadas. Así lo entienden los distintos instrumentos de planificación regional existentes en Galápagos (PNG, 2005). El hecho de entender Galápagos como un sistema socioecológico complejo, en el sentido que hemos venido detallando en los apartados precedentes de este artículo, hace necesario impulsar un nuevo modelo de ciencia diferente al hasta ahora imperante. Las soluciones a la crisis actual requerirán de una ciencia más integrada e integradora, centrada en el estudio de los vínculos entre los distintos componentes sociales, culturales, económicos y biológicos que interactúan en el sistema (Fig. 3).

Para ello es importante incrementar el volumen de investigación de carácter transdisciplinar, realizada en las fronteras entre las ciencias sociales y las ciencias biofísicas (Scoones, 1999; Berkes, 2004). Este tipo de investigaciones resultan fundamentales, ya que es en los vínculos entre el subsistema natural y el subsistema social donde residen la mayor parte de los problemas actuales y futuros del archipiélago.

Galápagos es un sistema complejo y sus problemas también lo son. Las causas últimas de los mismos son múltiples, diversas y dispersas, y difícilmente podrán ser comprendidas sólo a través de una actividad científica encauzada a través de las disciplinas académicas tradicionales (Jasanoff et al., 1997). Creemos que debe ponerse un énfasis mucho mayor en la formación de equipos científicos transdisciplinarios y en la adopción de aproximaciones de carácter sistémico, enmarcadas en lo que ya ha empezado denominarse a nivel internacional como “ciencia de la sostenibilidad” (Kates et al., 2001).

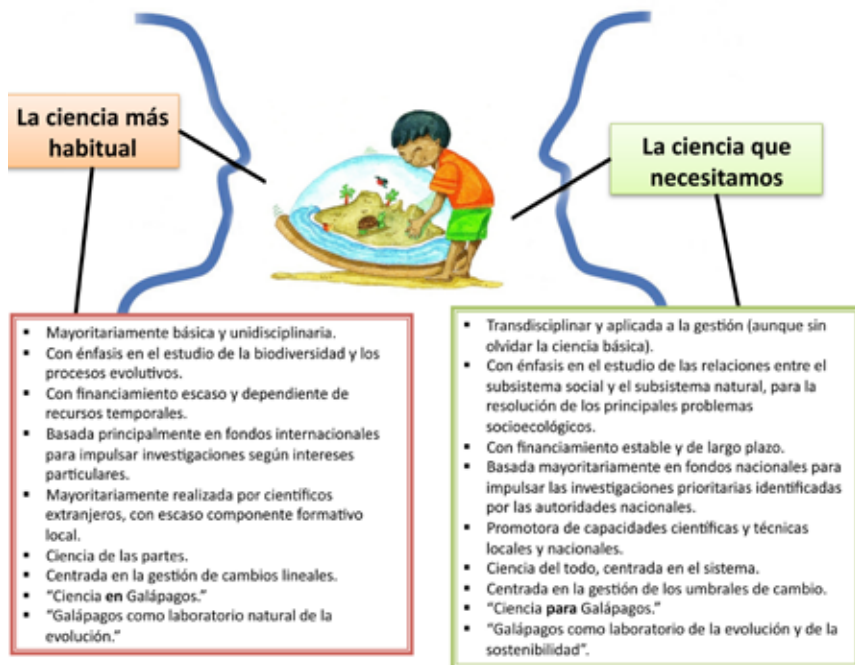


Figura 3. Cambios de paradigma necesarios de cara a poder desarrollar una verdadera ciencia de la sustentabilidad para Galápagos.

Disciplinas emergentes como la ecología política, la economía ecológica, la antropología ambiental, la ética ambiental, o la educación para la sostenibilidad, constituyen piezas clave en esta nueva aproximación científica al análisis de los problemas actuales del archipiélago. Sólo a través de la puesta en práctica de estos nuevos enfoques y paradigmas podremos generar el conocimiento necesario para salir de la actual crisis y reconducir al archipiélago hacia un modelo de sustentabilidad, dotándolo de la suficiente capacidad adaptativa para afrontar los rápidos e intensos cambios que caracterizan a nuestra era y la enorme incertidumbre que acompaña al futuro.

Referencias

- Anderies, J. M., M. A. Janssen, and E. Ostrom. 2004. A framework for analyze the robustness of social-ecological systems from an institutional perspective. *Ecology and Society* 9(1): 18. [online] URL: <http://www.ecologyandsociety.org/vol9/iss1/art18/>.
- Bensted-Smith, R., editor. 2002. A biodiversity vision for the Galapagos Islands. Charles Darwin Foundation & World Wildlife Fund, Galapagos, Ecuador.
- Berkes, F. 2004. Rethinking community-based conservation. *Conservation Biology* 18: 621-630.
- Berkes, F., and C. Folke, editors. 1998. Linking social and ecological systems: management practices and social mechanisms for building resilience. Cambridge University Press, Cambridge, U.K.
- Carpenter, S. R., and C. Folke. 2006. Ecology for transformation. *Trends in Ecology and Evolution* 21: 309-315.
- Cundill, G. N. R., C. Fabricius, and N. Marti. 2005. Foghorns to the future: using knowledge and transdisciplinarity to navigate complex systems. *Ecology and Society* 10(2): 8. [online] URL: <http://www.ecologyandsociety.org/vol10/iss2/art8/>.
- Davidson-Hunt, I. J., and F. Berkes. 2003. Nature and society through the lens of resilience: toward a human-in-ecosystem perspective. Pages 53-82 in F. Berkes, J. Colding, and C. Folke, editors. *Navigating social-ecological systems: building resilience for complexity and change*. Cambridge University Press, Cambridge, U.K.
- Duarte, C., coord. 2006. Cambio Global: el impacto de la actividad humana sobre el sistema tierra. Consejo Superior de Investigaciones Científicas, Madrid, España.
- González, J.A., C. Montes, J. Rodríguez, and W. Tapia. 2008. Rethinking the Galapagos Islands as a complex social-ecological system: implications for conservation and management. *Ecology and Society* 13(2): 13. [online] URL: <http://www.ecologyandsociety.org/vol13/iss2/art13/>.

Jasanoff, S., R. Colwell, M. S. Dresselhaus, R. D. Goldman, M. R. C. Greenwood, A. S. Huang, W. Lester, S. A. Levin, M. C. Linn, J. Lubchenco, M. J. Novacek, A. C. Roosevelt, J. E. Taylor, and N. Wexler. 1997. Conversations with the community: AAAS at the millennium. *Science* 278: 2066-2067.

Kates, R. W., W. C. Clark, R. Corell, J. M. Hall, C. C. Jaeger, I. Lowe, J. J. McCarthy, H. J. Schellnhuber, B. Bolin, N. M. Dickson, S. Faucheux, G. C. Gallopin, A. Grübler, B. Huntley, J. Jäger, N. S. Jodha, R. E. Kaspersen, A. Mabogunje, P. Matson, H. Mooney, B. Moore III, T. O'Riordan, and U. Svedin. 2001. Sustainability science. *Science* 292: 641-642.

Levin, S. 1998. Ecosystems and the biosphere as complex adaptive systems. *Ecosystems* 1: 431-436.

Liu, J., T. Dietz, S. R. Carpenter, M. Alberti, C. Folke, E. Moran, A. N. Pell, P. Deadman, T. Kratz, J. Lubchenco, E. Ostrom, Z. Ouyang, W. Provencher, C. L. Redman, S. H. Schneider, and W. W. Taylor. 2007. Complexity of coupled human and natural systems. *Science* 317: 1513-1516.

MacFarland, C., and M. Cifuentes. 1996. Case study: Ecuador. Pp. 135-188, en V. Dompka, editor. Human population, biodiversity and protected areas: science and policy issues. Report of a workshop, April 20-21, 1995, American Association for the Advancement of Science [AAAS], Washington, D.C.

Ospina, P. 2006. Galápagos, naturaleza y sociedad. Actores sociales y conflictos ambientales en Galápagos. Corporación Editora Nacional, and Universidad Andina Simón Bolívar, Biblioteca de Ciencias Sociales 55, Quito, Ecuador.

PNG. 2005. Plan de manejo del Parque Nacional Galápagos: un pacto por la conservación y desarrollo sustentable del archipiélago. Ministerio del Ambiente, Quito, Ecuador. [online] URL: http://www.galapagospark.org/archivos/PM_PNG_2005.pdf.

Scoones, I. 1999. New ecology and the social sciences: what prospects for a fruitful engagement? *Annual Review of Anthropology* 28: 497-507.

Tapia, W., P. Ospina, D. Quiroga, G. Reck, J.A. González, C. Montes, E. Cruz, B. Milstead, M. Wolff, G. Watkins, C. Carrión, M. Piu, y M. Oviedo. 2008. Hacia una visión compartida de Galápagos: el archipiélago como un sistema socio-ecológico. En: Informe Galápagos 2007-2008 (M.V. Toral y L.J. Cayot, eds.). Pp. 11-16. Fundación Charles Darwin, Parque Nacional Galápagos, e Instituto Nacional Galápagos, Puerto Ayora, Ecuador.

Watkins, G., and F. Cruz. 2007. Galapagos at risk: a socioeconomic analysis of the situation in the archipelago. Charles Darwin Foundation, Puerto Ayora, Galapagos. [online] URL: http://www.darwinfoundation.org/en/library/pubs/2007/galapagos_at_risk

La investigación científica en las áreas naturales protegidas de Galápagos

Washington Tapia, Edgar Muñoz y Mario Piu

Disponer del mejor conocimiento científico posible resulta esencial para un adecuado manejo de las áreas protegidas de Galápagos. El conocimiento científico es básico para guiar los procesos de toma de decisiones y orientar las acciones de manejo prioritarias a desarrollar. Sólo a través de una investigación científica sólida y bien articulada se puede profundizar en el conocimiento de los componentes naturales y socio-económicos de un territorio, así como de sus interrelaciones y los efectos de estas en la sostenibilidad futura. Este tipo de información se torna fundamental para los manejadores de las áreas protegidas de Galápagos, especialmente en el actual contexto de cambios acelerados e incertidumbre que caracterizan al archipiélago.

Reconociendo los sólidos vínculos históricos que siempre han existido entre la ciencia y el manejo en Galápagos, y el hecho de que el archipiélago es probablemente uno de los lugares más investigados del planeta, distintos trabajos han mostrado recientemente que la investigación realizada ha tenido un carácter mayoritariamente biocéntrico, siendo todavía escasas las investigaciones de tipo aplicado e interdisciplinario que aborden los vínculos entre naturaleza, sociedad y economía (Santander et al., en este libro), las cuales resultan esenciales para un buen manejo de un sistema tan complejo como Galápagos (González et al., 2008; Watkins, 2008).

Con el propósito de que el conocimiento científico esté presente en todo el proceso de toma de decisiones para la administración y manejo de las áreas naturales protegidas de Galápagos, el Plan de Manejo “Un Pacto por la Conservación y Desarrollo Sustentable del Archipiélago” (PNG, 2005), busca conjugar en su estrategia de manejo las dimensiones institucional, de conservación y la socio-territorial, teniendo como base al conocimiento científico-técnico generado a través del denominado “Programa de Investigación Interdisciplinaria e Innovación Tecnológica”, que cobra un carácter transversal al resto de los programas de manejo (Fig. 1). En este artículo presentamos una síntesis de las principales directrices y orientaciones establecidas en el Plan de Manejo, para guiar la investigación científica en las áreas protegidas de Galápagos.

El programa de investigación adopta como fin último incrementar el conocimiento científico y técnico interdisciplinario, aplicado al manejo de los sistemas naturales y socioeconómicos del Archipiélago de Galápagos. Para ello, se traza como objetivo general “estimular y apoyar la investigación científica e innovación tecnológica centrada en satisfacer las demandas de información sobre los sistemas naturales y humanos de Galápagos, para implementar con el menor nivel de incertidumbre, las acciones de conservación y desarrollo sustentable a través de los Programas de Manejo del PNG”.

Figura 1. Estrategia de acción del Plan de Manejo del PNG, mostrando el carácter transversal otorgado al programa de investigación interdisciplinaria e innovación tecnológica.



El programa de investigación pone especial énfasis en tres elementos:

- La necesidad de mejorar el flujo de información, garantizando la disponibilidad permanente de la información científica generada para los manejadores, instituciones y ciudadanía en general, de forma que se entienda y valore el papel social que tiene la ciencia.
- La promoción de proyectos científicos de carácter interdisciplinario, tanto para los estudios de los sistemas naturales como los socioeconómicos, contribuyendo al establecimiento de puentes entre

las ciencias de la naturaleza y las ciencias sociales y tecnológicas, de forma que los problemas sean abordados desde perspectivas integradoras y los resultados permitan plantear soluciones prácticas a los problemas.

- La creación de capacidades científicas locales, potenciando el papel de la ciencia ecuatoriana, privilegiando oportunidades a favor de la creación de capacidad científica y tecnológica nacional, y contribuyendo a la formación de científicos y técnicos galapagueños, como un mecanismo de garantizar la capacidad local de generar conocimiento científico en el largo plazo.

En las siguientes secciones se analizan y desarrollan algunas de las principales consideraciones incluidas en el programa de investigación del Plan de Manejo del PNG en relación a lo que deben ser las bases para la generación de conocimiento en Galápagos y para la construcción de una estrategia y agenda de investigación científica para el manejo eficiente, no sólo de las áreas protegidas sino del archipiélago en su conjunto.

El papel del conocimiento científico

El Plan de Manejo reconoce el rol protagónico que tiene el conocimiento científico en la toma de decisiones, debiendo estar presente en todas las distintas fases, desde la planificación hasta la ejecución de cualquier actividad que se desarrolle. En particular, el programa de investigación pone énfasis en los siguientes aspectos:

- a. El uso del conocimiento científico sobre la estructura, funcionamiento y dinámica de los ecosistemas insulares y marinos de Galápagos, así como de las relaciones establecidas entre éstos y los sistemas humanos que los explotan, para encontrar solución a los principales problemas de conservación.
- b. La capacidad que debe tener la investigación interdisciplinaria de caracterizar factores y procesos socio-ecológicos que, siendo esenciales para un manejo efectivo del archipiélago, no son perceptibles mediante procedimientos no científicos.
- c. La flexibilidad del programa de investigación, de forma que pueda adaptarse a los cambios en la realidad del archipiélago, sin dejar de suministrar el conocimiento científico necesario para el desarrollo e implementación de los Programas de Manejo.

- d. La necesidad de fomentar una cultura científica que facilite la participación fluida y la colaboración de todos los agentes sociales implicados en la gestión del archipiélago.
- e. La importancia de promover la investigación aplicada, es decir, aquella dirigida a la resolución de los problemas de conservación y desarrollo sustentable, lo cual no implica que se desestime la investigación básica que sigue siendo necesaria, si bien su utilidad se da en el mediano y largo plazos.
- f. La necesidad ineludible de fortalecer y mejorar los vínculos entre la investigación y el manejo, a través del fomento de la investigación e innovación tecnológica interdisciplinaria aplicada, con énfasis en aquellas ramas de la ciencia poco desarrolladas hasta el momento en el archipiélago y que pueden dar respuesta a muchos de los problemas actuales y futuros.

En definitiva, el Plan de Manejo busca consolidar y ampliar el modelo de manejo adaptativo que ya ha venido desarrollando el Parque Nacional Galápagos, fundamentado en el mejor conocimiento científico y técnico interdisciplinario disponible, de forma que se fortalezcan los procedimientos de seguimiento, evaluación y ajuste continuo.

Criterios para el desarrollo de las actividades científicas y tecnológicas

El Plan de Manejo del PNG establece una serie de directrices de tipo normativo, referidas a las obligaciones que deben cumplir aquellos investigadores, universidades, y otros centros de investigación, públicos o privados, interesados en realizar actividades científicas en el archipiélago. Estas normas se sintetizan en lo siguiente:

- a. La obligatoriedad que tiene cualquiera que desee desarrollar investigación en las áreas protegidas de Galápagos de presentar un proyecto para su aprobación y para la obtención de un permiso de investigación otorgado por la Dirección del PNG.
- b. La exigencia de que todos los investigadores con proyectos aprobados, cumplan las normas y protocolos establecidos por el PNG.
- c. La necesidad de diseñar los proyectos de investigación bajo el criterio de generar el mínimo cambio o impacto en las especies, los

ecosistemas y los paisajes; así como atender a las restricciones de uso científico impuestas en la zonificación del Parque Nacional y la Reserva Marina de Galápagos.

- d. La necesidad de establecer, a través del Ministerio del Ambiente, el cobro de tasas por el servicio prestado, dado que la administración de las actividades científicas implica costos económicos al PNG, en términos de la tramitación de proyectos, administración, seguimiento y apoyo de campo.
- e. El establecimiento de niveles de prioridad para la selección y ejecución de proyectos de investigación científica y tecnológica en las áreas protegidas, considerando que la capacidad de los ecosistemas insulares y marinos de Galápagos para acoger actividades de investigación es limitada.

Sin duda una de las directrices más importantes contempladas en el Plan de Manejo, es la referente al establecimiento de niveles de prioridad para la selección de proyectos, pues no sólo es coherente con la premisa de impulsar la investigación aplicada, sino que también se complementa con la necesidad de generar el mejor conocimiento científico posible para la solución de los problemas de conservación. En este sentido, se establecen los siguientes niveles de prioridad:

Prioridad 1: Investigación aplicada. Definida como aquella dirigida a la resolución de problemas de manejo relacionados con la conservación de especies, poblaciones, comunidades, ecosistemas o sobre las interacciones entre los sistemas naturales y humanos.

Prioridad 2: Investigación básica. Entendida como aquella cuyo desarrollo sólo pueda llevarse a cabo en los ecosistemas insulares o marinos de Galápagos, sin que exista otro archipiélago alternativo, y generen un mínimo impacto sobre las especies o el sistema natural.

Prioridad 3: Investigación de excelencia. Referida a aquellas que, aunque pudiéndose llevar a cabo en otro archipiélago, se autorizaría su ejecución debido al elevado prestigio de su investigador principal o del equipo de investigación, dado que contribuye a dar a conocer internacionalmente a Galápagos como un laboratorio de calidad para el progreso de la ciencia.

Estructura y ejecución del Programa de Investigación

El Plan de Manejo establece la forma en que se debe administrar la investigación que se desarrolla en las áreas protegidas de Galápagos y busca poner en términos prácticos la transversalidad que el Programa de Investigación Interdisciplinaria e Innovación Tecnológica tiene en la Estrategia de Acción, para lo cual propone una estructura simple y que debe operar de forma flexible, en base al esquema organizativo que aparece en la Figura 2.

Figura 2. Estructura Organizativa del Programa de Investigación Interdisciplinaria e Innovación Tecnológica, que define el flujo de información y las responsabilidades y tareas para alcanzar el mejor conocimiento científico y tecnológico posible, aplicable al manejo de los ecosistemas insulares y marinos de Galápagos (tomado de PNG 2005).



En primera instancia, se establece un Comité Científico-Técnico Asesor (CITAGA) ad honorem en calidad de órgano colegiado adscrito al Ministerio del Ambiente, conformado por 10 científicos del más alto nivel en las diferentes ramas de la ciencia y con funciones bien definidas.

También incluye como parte de la estructura orgánico-funcional del PNG la Unidad Técnica (Proceso) de Administración de la Investigación (UTAI), como la instancia que debe encargarse de la dirección técnica y ejecutiva del Programa de investigación.

La generación y uso de la información levantada también tiene su espacio en esta estructura, pues prevé que el programa se alimente del Sistema de Información Ambiental. Finalmente, como una forma de enfrentar las diferentes situaciones que surgen en el día a día de la ejecución de los diferentes proyectos de investigación, se establece una comisión de coordinación de forma que haya una respuesta rápida a cualquier asunto emergente sin necesidad que se reúna el CITAGA.

Además de la parte funcional, una importante innovación contenida en la estructura administrativa del Programa es el establecimiento de una primera propuesta de líneas prioritarias de investigación; cada una de ellas con una serie de áreas temáticas. Las dos primeras líneas están relacionadas con la generación de conocimiento sobre la estructura, funcionamiento, dinámica y resiliencia ecológica y social de los sistemas naturales y humanos de Galápagos; mientras que la tercera línea incluye la realización de estudios sobre las interacciones entre la naturaleza y la sociedad galapagueña (aproximación socio-ecológica), buscando estrategias que permitan formalizar el concepto de custodia ecológica del territorio, considerado esencial en el Plan de Manejo.

Las actividades del Programa de Investigación

Partiendo del hecho que aquel conocimiento que no se difunde y usa, podríamos considerar que es como si no existiese, el Plan de Manejo establece diversos mecanismos y actividades relacionadas con plataformas de encuentro, comunicación, discusión, coordinación, transferencia de conocimiento y aprendizaje colectivo, de forma que el conocimiento científico que se genere a través del Programa de Investigación, realmente produzca beneficios a la sociedad. Por un lado, estos beneficios se materializarían en la aplicación de dicho conocimiento para la toma de decisiones relativas a la gestión de las áreas protegidas y del archipiélago en su conjunto. Por otro lado, la sociedad se beneficiaría con la formación de personal ecuatoriano calificado en los diversos campos y materias del conocimiento. Para alcanzar este propósito el Plan de Manejo prevé la realización de distintas actividades de comunicación, formación e intercambio de conocimiento:

- a. Reuniones periódicas de trabajo: entendidas como espacios de discusión y debate en las que los científicos puedan establecer grupos y redes temáticas de trabajo interdisciplinarias; a través de las cuales se examinen y discutan con manejadores y técnicos los datos y resultados obtenidos.
- b. Jornadas Científico-Técnicas sobre Ciencia y Manejo para Galápagos: concebidas como un foro interdisciplinario trianual de discusión entre científicos y manejadores, de forma que los problemas de conservación y desarrollo sustentable sean abordados de forma preventiva.
- c. Mesas redondas y Jornadas Informativas: Siendo la transparencia en el flujo de la información uno de los principios fundamentales del Plan de Manejo, el Programa de Investigación prevé poner a disposición de los ciudadanos información detallada y actualizada de los resultados de las investigaciones que se vayan desarrollando, usando para ello como primer recurso las herramientas de comunicación y divulgación con las que cuenta el PNG (página Web, TV, radio, etc.) y complementándolo con el desarrollo de jornadas informativas y mesas de debate dirigidas a la población local y, especialmente a determinados grupos de interés, de forma que se sientan partícipes y corresponsables del desarrollo del Programa.
- d. Cursos de Formación: Con el propósito de contribuir a la formación tanto de los técnicos del PNG como de jóvenes del archipiélago, se establece la necesidad de organizar cursos y colaboraciones con científicos, centros de investigación y de enseñanza superior en temáticas relacionadas con el desarrollo de los distintos Programas de Manejo.

El financiamiento del Programa de Investigación

Con el propósito de asegurar en el largo plazo el financiamiento necesario para desarrollar los diferentes proyectos de investigación, el Programa propone la creación de un “Fondo Internacional para la Investigación Aplicada al Manejo de Galápagos”, constituyéndose esta en la primera iniciativa para establecer un mecanismo estructurado y sistemático para garantizar recursos económicos dirigidos exclusivamente al desarrollo de las prioridades de investigación aplicada al manejo.

Se establecen además los mecanismos tanto para el levantamiento de los recursos como para su administración. Se dispone que el documento

guía que contenga la naturaleza, alcance, líneas prioritarias de inversión y criterios de distribución debe ser una de las acciones prioritarias a desarrollar, asignando a dicho documento el nombre de “Iniciativa Científica para la Conservación y el Desarrollo el Sustentable de Galápagos. Una Estrategia y Agenda de Investigación”.

Otro aspecto innovador es que propone que parte del fondo creado se empleará para el financiamiento de un programa de becas para estudiantes y profesionales ecuatorianos, especialmente galapagueños, que puedan formarse en el marco de los proyectos de investigación aplicada al manejo, garantizando así la construcción de capacidad científica local.

Principios básicos para la gestión de la investigación científica y tecnológica

Como una forma de asegurar que la investigación científica se convierta en una herramienta básica para apoyar el desarrollo de los diferentes Programas de Manejo y que los proyectos científicos y técnicos contribuyan a incrementar de forma concreta el conocimiento en general, el Plan de Manejo establece una serie de principios básicos que, dada su importancia y necesidad de difusión, son transcritos textualmente a continuación:

- El conocimiento científico estará presente desde el inicio y en todas las etapas del diseño y ejecución de los programas de manejo.
- Los resultados de los proyectos de investigación deben expresarse en propuestas concretas de manejo, con lenguaje sencillo y directo.
- A fin de evitar el desfase entre el producto que se solicita desde la urgencia del manejo y el conocimiento que se genera desde los espacios de la investigación científica, generalmente los tiempos de las actividades de investigación se ajustarán y complementarán con los del desarrollo de los proyectos técnicos. Excepcionalmente la administración del PNG valorará y aceptará proyectos que aunque no cumplan con este requisito, considere que constituyen un aporte al manejo del área.
- Con el fin de asegurar la necesaria coherencia entre las necesidades del manejo y los proyectos de investigación, el PNG armonizará las prioridades de investigación y la disponibilidad de recursos.

- Con el fin de fortalecer la implicación de los científicos en la problemática del manejo de las áreas protegidas y asegurar un asesoramiento ágil y efectivo para el manejo, monitoreo y evaluación, se potenciará la colaboración estable y a largo plazo entre investigadores y manejadores.
- El levantamiento, almacenamiento y tratamiento global de la información científica estará siempre dirigida y estructurada para ser incorporada al Sistema de Información Ambiental del PNG; el PNG, con el asesoramiento prioritario de la FCD, establecerá formatos que faciliten este objetivo.
- Se identificarán las carencias, necesidades y prioridades de la investigación aplicada al desarrollo de los Programas de Manejo, de tal forma que éstas se incluyan entre los objetivos de sus programas operativos, dotándolos de presupuesto específico.
- La puesta en práctica de estrategias de manejo de naturaleza sistémica como pretende el Plan de Manejo, exige la creación de equipos interdisciplinarios. Por esta razón se potenciará el desarrollo de proyectos interdisciplinarios; es decir, grupos de trabajo formados por científicos y técnicos de diferentes áreas del conocimiento de las ciencias de la naturaleza, sociales y tecnológicas que comparten el mismo problema de estudio, así como los objetivos y la visión de cómo abordarlos. Se entiende que los miembros de un proyecto interdisciplinario, trabajan conjuntamente utilizando sus propios principios teóricos y sus propios métodos, pero al compartir un marco conceptual común, generan de una forma sinérgica nuevas visiones, herramientas y técnicas de manejo muy útiles para una gestión efectiva. En estos equipos, los planteamientos sectoriales o parciales se diluyen frente a visiones más globales y planteamientos más integrales, algo esencial para abordar la complejidad de los problemas de conservación de Galápagos.
- Se promoverá la difusión de los resultados de la investigación y las buenas prácticas sobre el diálogo investigación–manejo (dirigido especialmente a la población local), utilizando para ello instrumentos de comunicación con los que cuentan el PNG y la FCD en sus respectivas áreas de Comunicación.

- El Programa de Investigación del Plan de Manejo se coordinará con los Programas de Investigación Aplicada del Plan Regional y del Plan de Manejo de la Reserva Marina; así como con otros programas de investigación existentes en la Provincia y que respondan a sus directrices, especialmente con los programas científicos de la FCD.

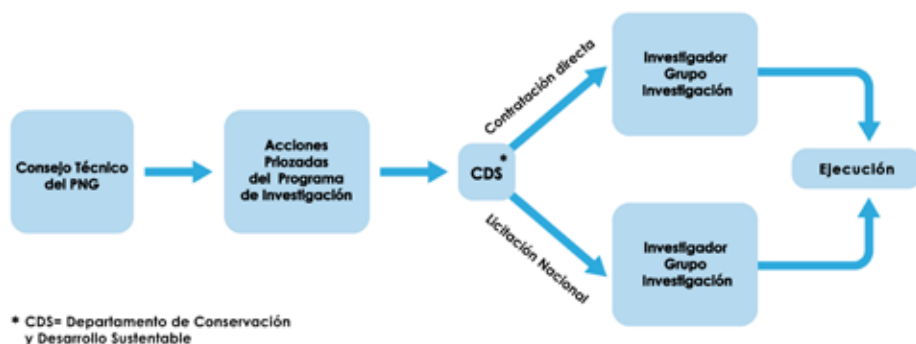
Mecanismos actuales para aprobación de proyectos de investigación e innovación tecnológica

Considerando por un lado que el Plan de Manejo es un proceso vivo y adaptable, y por otro que, debido a la falta de recursos económicos, el Parque Nacional Galápagos aún no ha logrado implementar en su totalidad la estructura organizativa del Programa de Investigación, se han desarrollado de forma transitoria tres mecanismos diferentes, fundamentados en las directrices del mismo y que prevé tres procedimientos distintos para el desarrollo de proyectos científicos:

1. Proyectos contratados

Son estudios específicos que el PNG necesita para tomar decisiones de manejo y que se desarrollan mediante la contratación de un investigador o grupo de investigación habilitados para prestar servicios a instituciones del gobierno del Ecuador y con alta capacidad y experiencia científica. Para ello, luego de que es validada la necesidad al interior del Consejo Técnico del PNG, es necesario seguir los procedimientos establecidos en la legislación ecuatoriana, tal como se muestra en la Figura 3.

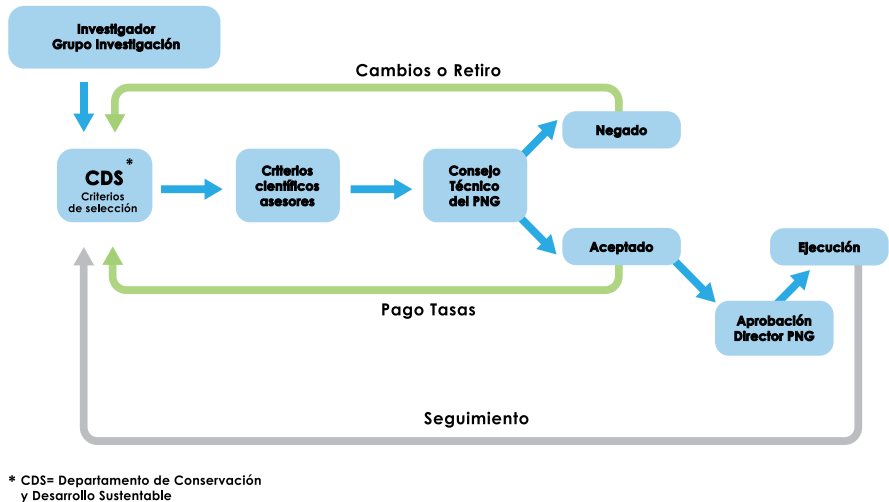
Figura 3. Descripción del proceso actual para contratar el desarrollo de estudios prioritarios para el PNG.



2. Proyectos desarrollados por científicos visitantes

La ejecución formal de proyectos de investigación se ha venido desarrollando en Galápagos desde hace aproximadamente 40 años, pero en general con muy poco o ningún control, por lo que el PNG a partir de la entrada en vigencia del Programa de Investigación Interdisciplinaria e Innovación Tecnológica ha mejorado los mecanismos de control, de forma que todos los proyectos que se desarrollan respondan tanto a las directrices como a las acciones establecidas en dicho Programa. El proceso para la aprobación de este tipo de proyectos se presenta en la Figura 4.

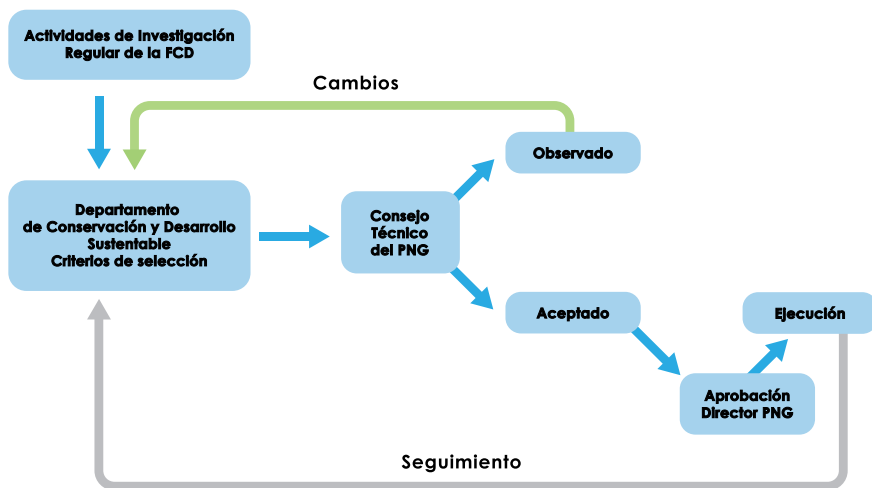
Figura 4. Descripción del proceso para la aprobación y ejecución de proyectos de investigación científica o tecnológica ejecutados por científicos visitantes.



3. Proyectos desarrollados por la Fundación Charles Darwin

La Fundación Charles Darwin es una organización sin fines de lucro cuya misión es asesorar al Gobierno del Ecuador con el mejor conocimiento científico posible, por lo que para ello anualmente desarrolla proyectos de investigación como parte de su Plan Operativo. Con el propósito de asegurar que dichos proyectos se enmarquen tanto en lo establecido en el Plan de Manejo como en las prioridades institucionales del PNG, se estableció el mecanismo descrito en la Figura 5 para la aprobación del programa o proyectos de investigación ejecutados por la FCD.

Figura 5. Descripción del mecanismo actual para la aprobación de los proyectos de investigación incluidos en el Plan Operativo Anual de la FCD.



Conclusiones

El Plan de Manejo del PNG aprobado en el año 2005, considera a la investigación científica como uno de los pilares básicos sobre los cuales se deben sustentar las acciones de manejo para contribuir de forma más eficiente a la conservación y desarrollo sustentable de Galápagos.

En este sentido, el plan establece una serie de principios y directrices que deberían guiar la investigación científica en el archipiélago, estableciendo una estructura orgánico-administrativa para la gestión de la ciencia en las áreas protegidas bajo jurisdicción del PNG.

Si bien, hasta la fecha, muchas de las actividades previstas en el Programa de Investigación no han podido aún ser implementadas, consideramos que las directrices y principios establecidos han tenido ya una importante repercusión, y que la aprobación del Plan de Manejo ha supuesto un punto de inflexión en cuanto al establecimiento de prioridades de investigación científica y tecnológica en Galápagos y en cuanto a la necesidad de vincular de forma más estrecha la investigación con el manejo y la toma de decisiones.

El presente libro es una buena prueba de ello. En el Programa de Investigación del Plan de Manejo del PNG se resaltaba ya la necesidad del establecimiento de una agenda de prioridades de investigación para Galápagos. Las distintas contribuciones que forman parte de este libro, en particular el capítulo final del mismo, constituyen una buena respuesta a dicha necesidad. Sin lugar a dudas, esta agenda de prioridades servirá como guía y orientación para los científicos que realicen investigaciones en Galápagos en los próximos años, así como para las distintas instituciones encargadas de la gestión de la investigación científica y del conocimiento generado por la misma.

Referencias

- González, J. A., C. Montes, J. Rodríguez, and W. Tapia. 2008. Rethinking the Galapagos Islands as a complex social-ecological system: implications for conservation and management. *Ecology and Society* 13(2): 13. [online] URL: <http://www.ecologyandsociety.org/vol13/iss2/art13/>
- PNG. 2005. Plan de manejo del Parque Nacional Galápagos: un pacto por la conservación y desarrollo sustentable del archipiélago. Ministerio del Ambiente, Quito, Ecuador. [online] URL: http://www.galapagospark.org/archivos/PM_PNG_2005.pdf.
- Santander, T., W. Tapia, J. A. González, C. Montes, and E. Araujo. 2008. Tendencias generales de la investigación científica en Galápagos. En Informe Galápagos 2007–2008. PNG, FCD, and INGA-LA, Puerto Ayora, Ecuador.
- Watkins G. 2008. A paradigm shift in Galapagos Research. *Galapagos Research* 65: 30-36.

Ciencia para Galápagos: una propuesta de estrategia y agenda de investigaciones prioritarias para la sustentabilidad del archipiélago

Washington Tapia, José Rodríguez, Günther Reck,
Diego Quiroga, Pablo Ospina, Carlos Montes y José A. González

Introducción

Las ciencias en Galápagos viven una paradoja. Por un lado, existe una creciente conciencia entre planificadores, académicos y actores sociales galapagueños de que necesitamos nuevos conocimientos sobre la sociedad, la historia y los ecosistemas del archipiélago si queremos apoyar la construcción de una sociedad sustentable. Por otro lado, y al mismo tiempo, debemos reconocer que disponemos de un importante conjunto de investigaciones e información acopiada a

lo largo de varios siglos, hasta el punto que Galápagos es quizás la región más estudiada del Ecuador. Una de las razones que explican esta aparente paradoja es que tanto los objetivos de la sociedad ecuatoriana frente al archipiélago como nuestra propia visión de la manera de alcanzar esos objetivos, han sufrido cambios sustanciales en los últimos años. Como resultado, necesitamos nuevos enfoques, información diferente y conocimientos más amplios sobre campos distintos a los que las ciencias han prestado convencionalmente la atención a lo largo de la historia.

El Ecuador ya no se plantea únicamente fortalecer la presencia nacional en un archipiélago que otras potencias querían reservarse para sí; sino que esa presencia sea la de una sociedad sustentable, es decir, con un tipo de prosperidad y un modo de desarrollo armónico y situado dentro de los márgenes permitidos por la conservación de la integridad y el carácter único de sus ecosistemas. Para lograr estos propósitos, no es suficiente conocer en detalle aquello que vuelve únicos a los ecosistemas isleños, como su fauna o su flora excepcional, sino los factores que explican, sostienen y garantizan el mantenimiento de las relaciones entre los elementos clave de los ecosistemas, así como entre los ecosistemas y la sociedad que depende de ellos.

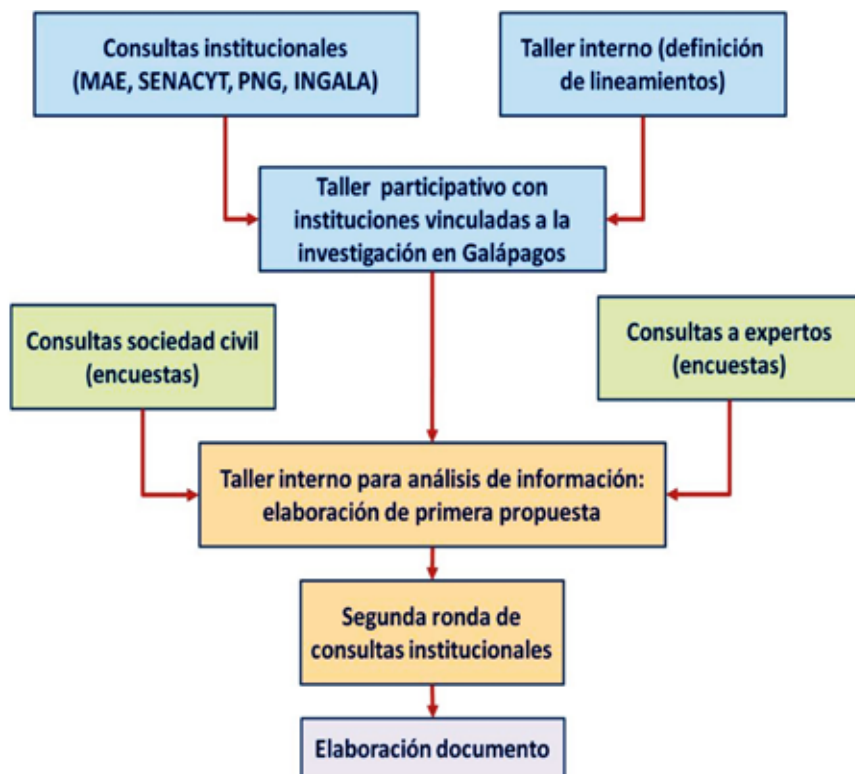
En varios documentos oficiales de los últimos años se reconocen estos nuevos objetivos sociales y se señalan las nuevas necesidades de conocimiento. Ocurrió así en la Ley Orgánica de Régimen Especial para la Conservación y Desarrollo Sustentable de la Provincia de Galápagos (1998), en el Plan Regional de Galápagos (2003) y en el Plan de Manejo del Parque Nacional (2005), entre algunos de los más conocidos. Sin embargo, esta nueva visión de los objetivos que la sociedad ecuatoriana se plantea para el archipiélago no ha sido relacionada sistemáticamente con las nuevas necesidades de conocimiento científico. Hacer esa sistematización y esa relación fue el propósito del trabajo interdisciplinario realizado durante dos años por los autores de este informe.¹

¹ El proyecto denominado "Ciencia para la sostenibilidad en Galápagos: diseño de una estrategia y agenda de investigación para la conservación de la biodiversidad y el desarrollo sostenible del archipiélago desde la integración de las ciencias sociales y las ciencias biofísicas", es desarrollado por las Universidades Andina Simón Bolívar, San Francisco de Quito y Autónoma de Madrid, bajo el liderazgo y coordinación del Parque Nacional Galápagos, y con la valiosa participación de representantes de diversas instituciones nacionales (SENACYT, Ministerio del Ambiente) y de la provincia (Instituto Nacional Galápagos, Gobernación, Fundación Charles Darwin). El proyecto es financiado por la Agencia Española de Cooperación Internacional para el Desarrollo (AECID) como parte de su Programa de Cooperación Interuniversitaria (PCI-Iberoamérica).

En concordancia con lo establecido en el Plan de Manejo del PNG, nos interesó diseñar una estrategia y agenda de investigación que permita incrementar y mejorar el conocimiento sobre la estructura, funcionamiento y dinámica de Galápagos como un sistema socioecológico, para contribuir a la transición hacia su sustentabilidad. Para ello, creímos necesario inscribirnos en medio de un cambio de paradigmas y formas de hacer la investigación científica en Galápagos, adaptándola a estos nuevos requerimientos actuales de forma que los gestores puedan disponer del mejor conocimiento científico posible para tomar decisiones informadas. Un paso importante para ello es reorientar las prioridades temáticas, orientando la investigación hacia las preguntas clave que es necesario responder para conseguir la sustentabilidad, el gobierno democrático y el manejo integral del sistema social y ecológico de Galápagos. Finalmente, para concretar y realizar este cambio de enfoques y estas nuevas prioridades temáticas, se requiere esbozar los lineamientos de un marco institucional que promueva la generación de conocimientos científicos interdisciplinarios.

El proceso de trabajo y consultas que condujo a la elaboración del presente documento se resume en la Figura 1. Se partió de una ronda preliminar de consultas con las principales instituciones vinculadas a la investigación científica y al manejo del archipiélago, con el objetivo de fijar los criterios y lineamientos básicos del trabajo a realizar. Sobre esta base se realizó un primer taller participativo más amplio con algunas instituciones públicas y organizaciones de la sociedad civil vinculadas a la investigación científica en Galápagos. Adicionalmente se realizaron encuestas por correo electrónico a científicos y gestores vinculados a la investigación en Galápagos. Se recibieron un total de 24 respuestas a las mismas, con aportes relevantes sobre cuáles deberían ser los principios rectores y las prioridades de investigación en el archipiélago. También se realizaron 558 encuestas personales entre la sociedad civil en las tres islas principales. Con toda la información recopilada y analizada se elaboró un primer documento borrador, el cual fue sometido a una segunda ronda de consultas institucionales para su validación final.

Figura 1. Proceso participativo y de consultas institucionales desarrollado para la elaboración del presente documento.



La presente propuesta de agenda de investigaciones para Galápagos, que sometemos a debate público, está organizada en torno a tres grandes preguntas:

- ¿Qué ciencia necesita Galápagos?
- ¿Qué líneas de investigación son prioritarias?
- ¿Qué opciones institucionales existen para impulsarlas?

¿Qué ciencia necesita Galápagos para avanzar hacia la sustentabilidad?

Ni la ciencia es la única forma válida de conocimiento social ni existe una sola forma de aplicar el conocimiento científico. Gracias a esta pluralidad y diversidad epistemológica, se produce el debate académico y mejoran nuestros saberes sobre nuestro entorno. Este documento asume como un principio que esta saludable variedad teórica e intelectual debe alentarse porque de ese debate fecundo nace una mejor comprensión de nosotros mismos. Lo que hace este documento es enfatizar un enfoque nuevo, generalmente poco resaltado en el pasado y que nos parece necesario y adaptado a las necesidades actuales de la sustentabilidad del archipiélago.

Aunque el conjunto de conocimientos e información de que disponemos en Galápagos es muy valioso y un punto de partida envidiable para la nueva investigación científica, debemos reconocer que en el pasado primaron enfoques sectoriales y que no tomaban en cuenta los factores económicos, culturales, sociales y políticos así como preguntas de investigación poco ligadas a las necesidades de manejo. Concebir a Galápagos como un sistema socioecológico complejo, tal como se ha descrito en el capítulo anterior de este libro, permite identificar la necesidad de nuevos tipos y áreas de conocimiento que antes no se percibían como importantes para gestionar adecuadamente el sistema. La adopción de una visión integral de los sistemas sociales y ecológicos tiene implicaciones sobre el tipo de ciencia que necesitamos, sobre las prioridades de investigación y sobre la forma de vincular la investigación científica con el modelo de gestión. Esas tres implicaciones son las que desarrollamos en éste y los siguientes dos apartados.

La nueva ciencia que debería emerger de esta visión del archipiélago deberá caracterizarse por ser:

- **INTERDISCIPLINARIA:** que tienda sólidos puentes entre las distintas áreas del conocimiento, particularmente entre las ciencias sociales y las ciencias biofísicas, para poder entender las bases fundamentales de las interacciones entre la naturaleza y la sociedad galapagueñas.
- **INTEGRADORA Y SISTÉMICA:** que aborde los problemas socio-ecológicos desde una perspectiva holística, evitando las aproximaciones excesivamente sectoriales y abrazando los paradigmas de la comple-

jjidad, para mejorar nuestra comprensión sobre el funcionamiento del archipiélago entendido como un sistema integrado naturaleza-sociedad.

- **MULTIESCALAR:** que integre los efectos de procesos clave a través de todo un rango completo de escalas espaciales, abordando la interacción de los procesos globales con las características ecológicas y sociales del archipiélago.
- **ORIENTADA Y APLICADA:** que responda a las prioridades de investigación identificadas en los instrumentos de planificación regional y nacional, enfocándose preferentemente a la resolución de los problemas que afectan a la sustentabilidad del archipiélago (sin que ello suponga un abandono de la ciencia fundamental, que a lo largo de la historia ha constituido una de las principales fortalezas de la investigación en Galápagos).
- **COMPARATIVA Y DE LARGO PLAZO:** que permita comparar procesos clave en distintas áreas geográficas y evaluar tendencias en su dimensión histórica y sus proyecciones futuras.
- **LIBRE:** que promueva el debate abierto y el contraste de ideas y paradigmas de conocimiento.
- **ADAPTATIVA:** que permita aprender de los resultados de las investigaciones para construir conocimiento que mejore el manejo del archipiélago, como medio más eficaz para hacer frente a los desafíos de un mundo cambiante y cargado de incertidumbre.

Asimismo, debería ajustarse a varios principios básicos, que la hagan:

1. Incluyente: participativa y plural.
2. Cívica: comprometida, responsable y respetuosa de las normas legales.
3. Endógena: promotora y fortalecedora de las capacidades ecuatorianas y galapagueñas, privilegiando oportunidades a favor de la ciencia y la tecnología nacional.
4. Abierta: dispuesta a valorar el conocimiento experiencial y la existencia de otras formas de conocer y aprender.
5. Creativa: innovadora y original.
6. Transparente: accesible y de amplia difusión, basada en el libre flujo de la información.

7. Proactiva: primando siempre los enfoques preventivos sobre los curativos.
8. Prudente: adoptando el principio de precaución y evitando daños a los ecosistemas del archipiélago.
9. Oportuna: capaz de responder rápida y eficazmente ante nuevos problemas emergentes.
10. Colaborativa: buscando siempre la coordinación y complementariedad entre investigadores, instituciones y áreas del conocimiento.
11. De calidad: basada en la excelencia y la rigurosidad científica.

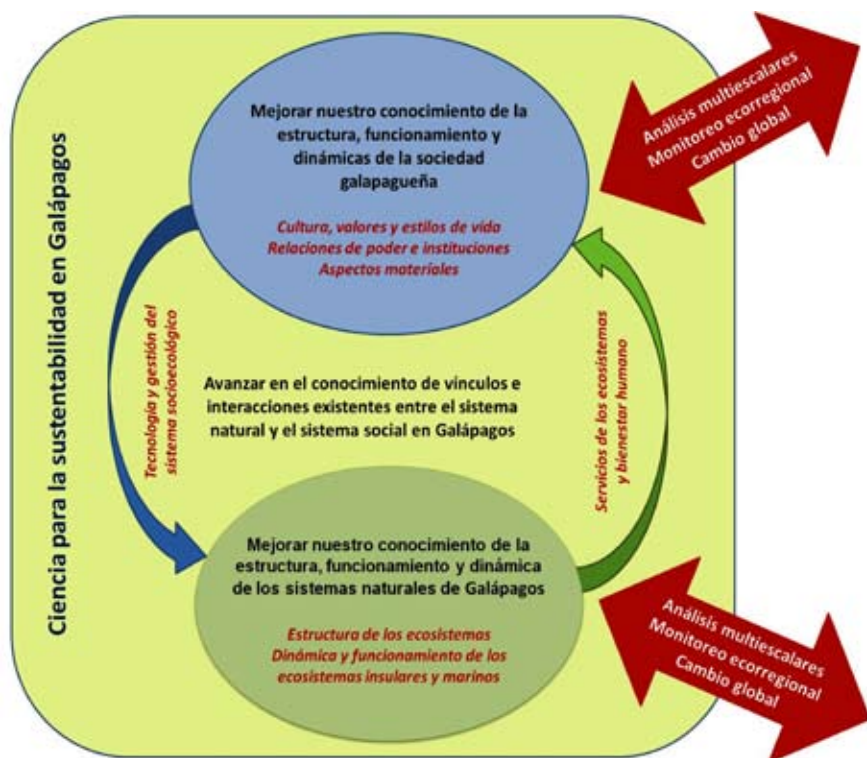
¿Qué áreas de investigación resultan prioritarias en la actual situación del archipiélago?

A la hora de definir las líneas prioritarias de investigación, se partió del modelo de Galápagos como sistema socioecológico (SSE) y se procedió a identificar las prioridades en base a campos temáticos y preguntas clave (líneas de investigación) que es necesario responder para poder gestionar adecuadamente el SSE y conducirlo hacia la sustentabilidad.

Tomando como base un esquema general de interacciones entre los subsistemas sociales y ecológicos de Galápagos (véase Figura 2), clasificamos en tres grandes categorías todos los temas prioritarios de investigación planteados en los talleres, en varios documentos existentes (Plan de Manejo de Parque Nacional, Plan Regional de Galápagos, Memorias del Coloquio de Ciencias Sociales en Galápagos, entre otros) y los que señaló el equipo interdisciplinario:

- aquellos que tienen relación fundamentalmente con los subsistemas sociales,
- aquellos que tienen relación ante todo con los subsistemas ecológicos; y
- aquellos que hacen conexiones directas entre los dos subsistemas.

Figura 2. Modelo conceptual utilizado para organizar las líneas y prioridades de investigación (reelaborado sobre la propuesta del modelo de Galápagos como sistema socio-ecológico recogida en Tapia et al. 2008).



Es importante considerar que todo el conjunto de temas de investigación mencionados más adelante deben considerar transversalmente un tipo de análisis multiescalar, tanto porque integren distintas escalas temporales (históricas) como distintas escalas geográficas. Para lograrlo es absolutamente imprescindible otorgar prioridad a sistemas de monitoreo permanente de ciertas variables tanto físicas como sociales (mantenimiento de redes climatológicas, vulcanológicas, de corrientes, censos y encuestas socioeconómicas constantes, etc.). Asimismo exige estudios comparativos con otros archipiélagos oceánicos u otras sociedades similares. También supone incorporar en el análisis las dinámicas de cambio global (tanto climáticas como vinculadas a la llamada globalización).

Finalmente, aclaramos que no se incluyen aquí otro tipo de investigaciones básicas que sin duda son importantes para la ciencia mundial y que con seguridad en el futuro serán útiles para la gestión de Galápagos, como los estudios sobre la evolución, pero que aparecen como menos relevantes para cambiar las actuales tendencias y promover la sustentabilidad en el archipiélago.

La priorización de las áreas y líneas de investigación se realizó en base a tres criterios fundamentales:

- Nuevas preguntas que surgen de analizar los problemas actuales de Galápagos desde una visión sistémica e integradora, particularmente aquellas centradas en el conocimiento de los vínculos e interacciones entre el subsistema social y el subsistema natural.
- Aspectos que, aunque ya hayan sido parcialmente estudiados, por su papel crítico en el funcionamiento y dinámica del archipiélago, necesitan ser conocidos en mayor detalle o monitoreados a largo plazo.
- Áreas en la cuales existen grandes vacíos de información y que resultan esenciales para comprender la estructura y funcionamiento de los subsistemas sociales y el subsistema natural.

Combinando estos criterios y tomando en cuenta los resultados del proceso participativo desarrollado (ver Figura 1) se ha llegado a la siguiente propuesta de líneas de investigaciones prioritarias, agrupadas en torno a tres grandes objetivos:

OBJETIVO I: *Mejorar nuestro conocimiento de la estructura, funcionamiento y dinámicas de la sociedad galapagueña*

Aunque la investigación social es reciente en Galápagos, el conocimiento y la información de que disponemos sobre la sociedad galapagueña y sus dinámicas no es desdeñable: es un conjunto importante de saberes e hipótesis útiles. Sin embargo, hay una gran cantidad de vacíos de información de gran importancia, tanto en las dinámicas de los valores y creencias culturales, como en los temas institucionales, políticos y económicos, aspectos cruciales para poder comprender la estructura y funcionamiento de la sociedad galapagueña.

OBJETIVO II: *Mejorar nuestro conocimiento de la estructura y funcionamiento de los sistemas naturales de Galápagos*

Los estudios de carácter biológico y ecológico en Galápagos son abundantes y constituyen un valioso acervo de conocimientos esenciales para la formulación de políticas orientadas a la sustentabilidad. Sin embargo, es notorio que los estudios biológicos sobre especies o grupos carismáticas o amenazadas han recibido una atención mucho mayor que los estudios sobre el medio físico (agua, suelos, clima, corrientes) y que los estudios de carácter sistémico que analicen las relaciones ecológicas entre los distintos componentes y su papel en el funcionamiento de los ecosistemas.

OBJETIVO III: *Avanzar en el conocimiento de vínculos e interacciones existentes entre el sistema natural y el sistema social en Galápagos*

Gran parte de la investigación aplicada realizada en Galápagos se ha centrado en analizar el impacto de las actividades humanas sobre el sistema natural, así como en estudiar los vínculos de los problemas sociales con las prácticas de manejo y con las amenazas que pesan sobre los ecosistemas. Sin embargo, es notoria la falta de enfoques interdisciplinarios que combinen conocimientos de las ciencias sociales y biofísicas, examinando simultáneamente las dinámicas e interacciones recíprocas entre los sistemas sociales y el sistema natural.

OBJETIVO ESPECÍFICO	ÁREAS TEMÁTICAS PRIORITARIAS	EJEMPLOS DE POSIBLES LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN A PRIORIZAR	ÁREAS TRANSVERSALES
Mejorar nuestro conocimiento de la estructura, funcionamiento y dinámicas de la sociedad galapagueña	<p>CULTURA, VALORES Y ESTILOS DE VIDA:</p> <p>Valores e identidad; ética; percepciones sociales; creencias y cosmovisión; educación y comunicación; calidad de vida.</p>	<p>✓ Percepciones y aspiraciones locales en torno a la calidad de vida.</p> <p>✓ Actitudes y comportamientos de la sociedad galapagueña sobre la vida social y las instituciones.</p> <p>✓ Influencia del factor género sobre las actitudes, percepciones y comportamientos de la sociedad galapagueña.</p> <p>✓ Evaluación de los modelos educativos galapagueños, de la comunidad educativa y de los factores críticos que influyen en el proceso de enseñanza-aprendizaje.</p> <p>✓ Diseño de modelos educativos alternativos aplicables a la realidad del archipiélago.</p> <p>✓ Papel de los medios de comunicación en la sociedad galapagueña.</p> <p>✓ Percepciones de la ciudad y la vida urbana, valoración del espacio urbano.</p> <p>✓ Salud sexual y reproductiva, la vida de los niños, la drogadicción, la seguridad ciudadana, las aspiraciones de los jóvenes, la violencia y la comunicación en la familia.</p> <p>✓ Influencia de la religión y religiosidad en la sociedad galapagueña.</p> <p>✓</p>	<p>ANÁLISIS MULTIESCALARES: Efectos sobre la estructura y funcionamiento del sistema de procesos que tienen lugar a distintas escalas espaciales y temporales.</p> <p>MONITOREO E CORREGIONAL: Seguimiento y evaluación de indicadores clave para la sustentabilidad del sistema.</p> <p>CAMBIO GLOBAL: Análisis de los efectos del cambio ambiental global sobre la estructura y funcionamiento del sistema socioecológico.</p>
	<p>RELACIONES DE PODER E INSTITUCIONES:</p> <p>Sistema de gobierno; instituciones formales y no formales; relaciones de género; políticas públicas; partidos políticos; estratificación social.</p>	<p>✓ Sistemas de participación y procesos de toma de decisiones.</p> <p>✓ Factores que influyen en la formación de liderazgos, la legitimidad y el grado de confianza en los políticos e instituciones.</p> <p>✓ Factores que determinan el grado de cumplimiento y aplicación de las leyes.</p> <p>✓ Influencia de la actividad política y la estructura de los partidos políticos en la gobernabilidad de las islas.</p> <p>✓ Influencia de los grupos y redes de poder en la estabilidad institucional y la gobernabilidad.</p> <p>✓ Efectos de las redes clientelares, la corrupción y las presiones políticas sobre la gobernabilidad y el funcionamiento de las instituciones.</p> <p>✓ Factores que determinan el peso político y la representatividad de los distintos actores.</p> <p>✓ Factores que influyen en la confianza entre actores locales y entre organizaciones civiles.</p>	

OBJETIVO ESPECÍFICO	ÁREAS TEMÁTICAS PRIORITARIAS	EJEMPLOS DE POSIBLES LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN A PRIORIZAR	ÁREAS TRANSVERSALES
		<ul style="list-style-type: none">✓ Relaciones de género, étnicas y generacionales en los distintos sectores y grupos sociales.✓ Naturaleza de los conflictos existentes entre actores y sus mecanismos formales e informales de manejo.✓ Impacto de las distintas políticas públicas en la sociedad del archipiélago.	
	ASPECTOS MATERIALES: Activos, producción y consumo; comercio; sectores económicos; modelización y perspectivas económicas; demografía; migraciones; salud y epidemiología.	<ul style="list-style-type: none">✓ Modelización prospectiva de tendencias de la economía galapagueña a distintas escalas (matrices de contabilidad social; flujos económicos, formas de distribución, nivel de equidad, etc.).✓ Estrategias para el fortalecimiento de la responsabilidad empresarial local y la aplicación de buenas prácticas. Estudios de distintos tipos de empresas en Galápagos, según formas de gestión y administración.✓ Análisis de motores del crecimiento económico e impacto de las distintas políticas públicas en la economía.✓ Análisis de precios óptimos y márgenes de beneficios de los principales productos locales.✓ Análisis de la demanda de mano de obra externa y factores que influyen en la misma.✓ Influencia de la migración en la economía local y factores determinantes de la misma.✓ Análisis comparativos de modelos económicos alternativos aplicables a la realidad de Galápagos.✓ Análisis socioeconómico de sectores poco estudiados: comercio, construcción, administración pública (incluyendo policía, armada y fuerza aérea), organizaciones sin fines de lucro y cooperación internacional.✓ Tendencias del sector turístico, intereses de los actores, flujos financieros, inversiones, crédito, ciclos de mercado y sus consecuencias sociales.✓ Análisis comparativo de otros modelos turísticos existentes en ambientes insulares similares a Galápagos.	
Mejorar nuestro conocimiento de la estructura,	ESTRUCTURA DE LOS ECOSISTEMAS:	<ul style="list-style-type: none">✓ Inventarios de biodiversidad en grupos taxonómicos poco estudiados (microorganismos, hongos, plantas criptógamas, invertebrados,...).✓ Evaluación del estado de conservación, abundancia y distribución de especies amenazadas.	

OBJETIVO ESPECÍFICO	ÁREAS TEMÁTICAS PRIORITARIAS	EJEMPLOS DE POSIBLES LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN A PRIORIZAR	ÁREAS TRANSVERSALES
funcionamiento y dinámica de los sistemas naturales de Galápagos	Biodiversidad; taxonomía; biogeografía; abundancia y distribución; especies exóticas; variables abióticas; clasificación de ecosistemas.	✓ Genética poblacional de especies endémicas y/o amenazadas.	
		✓ Inventariado y actualización de la línea base de especies exóticas.	
		✓ Análisis espacial y cartográfico (topografía, batimetría, corrientes marinas y circulación oceánica, geología, geomorfología y suelos).	
		✓ Clasificación jerárquica y caracterización de ecosistemas insulares y marinos.	
		✓ Estudios de línea base sobre el estado de conservación de los ecosistemas insulares y marinos, e identificación de áreas prioritarias de conservación.	
		✓ Estudios de línea base sobre flora, fauna y habitats amenazados.	
		✓ Inventarios de espacios ubicados en las áreas pobladas que alberguen poblaciones singulares o altas concentraciones de taxones endémicos o amenazados.	
		✓ Obtención de información climatológica básica en las distintas islas y ecosistemas identificados (temperaturas, precipitación, régimen de vientos).	
		✓ Estudios de hidrología superficial y subterránea que permitan caracterizar la red de drenaje superficial y de los acuíferos volcánicos de cada isla, controlando los niveles y calidad del agua.	
		✓ Estudios de vulcanología y geotecnia aplicados a la prevención de riesgos para las poblaciones humanas de las islas.	
	FUNCIONAMIENTO Y DINÁMICA DE LOS ECOSISTEMAS: Procesos ecológicos; clima y cambio climático; erosión y formación de suelos; ciclo del agua; ciclos de nutrientes; afloramientos marinos; corrientes marinas; productividad; efecto de especies invasoras; diversidad funcional; resiliencia ecológica.	✓ Modelización de dinámicas de los distintos ecosistemas marinos e insulares.	
		✓ Análisis de los procesos ecológicos esenciales en ecosistemas clave o amenazados (manglares, bajos, aguas profundas, humedales, bosques húmedos, zona de pampa,...).	
		✓ Dinámica y funcionamiento del ciclo del agua y balance hídrico en el archipiélago, con especial atención a las islas habitadas.	
		✓ Inventario y caracterización de los flujos de agua en las zonas agropecuarias de las islas pobladas y análisis de su papel como zonas de recarga.	
		✓ Identificación de zonas de descarga de los cursos de agua dulce en el área marina y submarina.	
		✓ Análisis de las tendencias generales y la variación espacio-temporal del clima en Galápagos, incluyendo los efectos del cambio climático sobre la biodiversidad y el funcionamiento de los ecosistemas y su vulnerabilidad.	
		✓ Caracterización del régimen de perturbaciones naturales (erupciones, sequías, incendios, El Niño,...) y sus efectos sobre el funcionamiento de los ecosistemas.	

OBJETIVO ESPECÍFICO	ÁREAS TEMÁTICAS PRIORITARIAS	EJEMPLOS DE POSIBLES LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN A PRIORIZAR	ÁREAS TRANSVERSALES
		<ul style="list-style-type: none">✓ Análisis de vínculos de la producción primaria y las zonas de afloramiento con la dinámica del sistema de corrientes marinas y su variación estacional.✓ Variación espacio-temporal de la productividad primaria en los distintos ecosistemas insulares.✓ Ecología y variabilidad espacial y temporal en el reclutamiento y abundancia de especies diana (amenazadas, endémicas, invasoras, comerciales) y especies ecológicamente esenciales (clave, ingenieras) en los distintos ecosistemas.✓ Análisis de interacciones ecológicas clave, con especial atención a los procesos de polinización y dispersión.✓ Análisis de los procesos de erosión y transformación de suelos.✓ Ecología y patrones de distribución y dispersión de especies exóticas, y análisis de sus efectos sobre la biodiversidad nativa y sobre la dinámica y funcionamiento de los ecosistemas.✓ Determinación y caracterización de grupos funcionales y análisis de su relación con el flujo de servicios de los ecosistemas.✓ Estudio del valor potencial de determinados taxones o poblaciones como bioindicadores de alerta temprana de estados ecológicos no deseados.✓ Análisis de factores que influyen en la resiliencia ecológica de los ecosistemas insulares y marinos, y análisis de los efectos sobre la misma de las actividades antrópicas y de los distintos modelos de gestión.✓ Determinación de umbrales de cambio para los ecosistemas marinos e insulares del archipiélago.	
Avanzar en el conocimiento de vínculos e interacciones existentes entre el sistema natural y el sistema social en Galápagos	<p>TECNOLOGÍA Y GESTIÓN DEL SISTEMA SOCIOECOLÓGICO:</p> <p>Tecnologías productivas; energías alternativas; ecotecnologías; gestión de desechos; infraestructuras de movilidad; restauración ecológica; gestión de especies amenazadas; manejo de especies invasoras; bioseguridad y sanidad ambiental; planificación y ordenamiento territorial; factores sociales e institucionales</p>	<ul style="list-style-type: none">✓ Tecnologías y gestión de sistemas agrícolas y ganaderos (optimización de la productividad, análisis de viabilidad económica y ecológica de sistemas existentes, viabilidad de nuevos modelos de agricultura orgánica, análisis de mercados y certificación, manejo de plagas y enfermedades, sistemas manejo de suelos, sistemas de riego por goteo).✓ Tecnologías y gestión de pesquerías (optimización de la productividad, viabilidad de iniciativas de acuicultura, técnicas de captura que minimicen el impacto, mejora de las técnicas de acopio, procesamiento y distribución, análisis de mercados).✓ Planificación y gestión del turismo (efectos ecológicos, tipología y caracterización de turistas, evaluación de tendencias, herramientas de capacidad de carga y límites de cambio, análisis de calidad de la oferta turística, sistemas de vigilancia y control, tecnologías para minimizar impactos directos).	

OBJETIVO ESPECÍFICO	ÁREAS TEMÁTICAS PRIORITARIAS que influyen en la gestión ambiental.	EJEMPLOS DE POSIBLES LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN A PRIORIZAR	ÁREAS TRANSVERSALES
		<ul style="list-style-type: none"> ✓ Efectos ecológicos de sectores poco estudiados como el comercio, construcción, administración pública y organizaciones sin fines de lucro. ✓ Análisis de opciones de diversificación económica compatibles con la sustentabilidad (desarrollo de experiencias piloto, análisis de viabilidad económica y ecológica). ✓ Análisis de viabilidad técnica de proyectos de energías alternativas (eólica, solar, geotérmica, mareas...). ✓ Tecnologías para gestión de desechos sólidos y líquidos y otras formas de contaminación. ✓ Desarrollo de modelos de gestión adaptativa del ciclo del agua, incluyendo tecnologías alternativas para su aprovechamiento. ✓ Gestión espacial del territorio (criterios de ordenamiento territorial, modelos de ordenamiento para la integración de la planificación de zonas urbanas, agropecuarias y protegidas, análisis de sistemas de zonificación, tendencias de cambio de usos del suelo, actualización de catastros, elaboración de normas de planificación urbanística y diseño arquitectónico, prescripciones técnicas para uso de materiales en infraestructuras). ✓ Gestión de especies exóticas (optimización de sistemas de inspección y cuarentena, influencia del transporte, potenciales zoonosis, tecnologías de control y erradicación, análisis de viabilidad y factibilidad de erradicación). ✓ Tecnologías y gestión para la conservación de especies amenazadas (optimización de técnicas de conservación ex-situ, reintroducción, viabilidad genética, efectividad de distintos modelos de protección in-situ). ✓ Tecnologías de restauración integral de ecosistemas degradados. ✓ Evaluación de los procesos de educación ambiental y diseño de mejoras en los mismos de cara a impulsar una verdadera educación para la sustentabilidad. ✓ Desarrollo de estrategias eficientes de comunicación, interpretación y participación. ✓ Análisis de la cultura o culturas galapagueñas y sus interacciones con los ecosistemas y la gestión ambiental (estilos de vida, actitudes y comportamientos de la sociedad galapagueña, pautas de relación con la naturaleza y el espacio, influencia de las creencias religiosas). ✓ Impacto de las políticas públicas y análisis de factores socio-políticos que influyen en la gestión ambiental (sistemas de participación, procesos de toma de decisiones, cumplimiento y aplicación de las leyes, confianza entre actores, redes de poder, funcionamiento de las instituciones, eficacia 	

OBJETIVO ESPECÍFICO	ÁREAS TEMÁTICAS PRIORITARIAS	EJEMPLOS DE POSIBLES LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN A PRIORIZAR	ÁREAS TRANSVERSALES
		<div>de proyectos de conservación y desarrollo, eficacia de la cooperación internacional, análisis comparativos con distintos modelos de gestión en otros ambientes insulares, interacciones entre ciencia y manejo).</div> <div>✓ Análisis del impacto ambiental de distintas actividades antrópicas, usando herramientas como la huella ecológica, la huella geográfica, capacidad de carga o límites de cambio aceptable.</div> <div>✓ Desarrollo de mecanismos de respuesta rápida ante catástrofes naturales o perturbaciones de origen antrópico.</div> <div>✓ Evaluación de las interacciones entre migración y ambiente.</div>	
	SERVICIOS DE LOS ECOSISTEMAS Y BIENESTAR HUMANO: Funciones de los ecosistemas; servicios y deservicios de los ecosistemas; activos materiales, flujos de energía, materiales e información; impactos en la salud y bienestar humanos; conocimiento ecológico local; resiliencia socioecológica; análisis de escenarios.	<div>✓ Identificación, caracterización y valoración multicriterio de los servicios de los ecosistemas (abastecimiento, regulación, culturales), y análisis de sus vínculos con el bienestar humano.</div> <div>✓ Análisis integrado económico-ecológico de sectores clave para la economía local (pesquerías, turismo, agricultura, ciencia...).</div> <div>✓ Análisis de flujos de materiales y energía entre el sistema natural y el sistema social (metabolismo socioeconómico), con especial énfasis en el uso humano del agua y la evaluación de la capacidad de soporte.</div> <div>✓ Caracterización de funciones de los ecosistemas vinculadas a la actividad pesquera (zonas de reproducción, conectividad, migraciones, distribución de larvas de las especies de interés comercial, áreas de reclutamiento), agropecuaria (productividad, aptitudes y potencial de suelos agrícolas, ganaderos y forestales, diversidad genética, plagas, semillas, especies introducidas) y turística (especies emblemáticas, ecosistemas prístinos, calidad del agua,...).</div> <div>✓ Análisis de vínculos entre la salud humana y los servicios y deservicios de los ecosistemas.</div> <div>✓ Influencia de los sistemas naturales en la cultura, identidad, pautas de relación, conocimientos y actitudes de la población galapagueña (recuperación de la memoria histórica sobre la relaciones entre el ser humano y el entorno, sistematización y puesta en valor de conocimientos y saberes experienciales, caracterización del patrimonio histórico-artístico y etnológico asociado a los ecosistemas).</div> <div>✓ Factores que influyen en la resiliencia socioecológica y la capacidad adaptativa (persistencia, adaptabilidad, transformabilidad) del archipiélago.</div> <div>✓ Modelado de escenarios futuros y análisis de sus implicaciones en la generación de servicios y el bienestar humano.</div>	

Priorizar estas amplias líneas de investigación aumentará el acervo de conocimientos disponibles sobre el archipiélago y sobre los distintos caminos y opciones hacia la sustentabilidad. Pero incluso si logramos materializar estas nuevas prioridades, no serán útiles para alcanzar la meta de la sustentabilidad sin una adecuada gestión del conocimiento, entendida como un proceso interactivo de producción, acopio, difusión y uso de los saberes especializados por parte de toda la sociedad. Solo de este modo se optimizará la transformación de la información y los saberes en prácticas útiles para satisfacer las necesidades materiales y espirituales de la colectividad. Esta gestión necesita muchas acciones simultáneas; entre ellas, desarrollar sistemas de registro de investigaciones, lugares de acopio como bibliotecas y páginas web, mecanismos de difusión y traducción de materiales altamente especializados para su uso en la educación y la gestión administrativa, entre otras. Este tema requiere de políticas específicas y de un desarrollo más detallado que deberá hacerse en el futuro; por el momento nos detenemos ante todo en los mecanismos para impulsar la producción de tales conocimientos.

¿Qué opciones o mecanismos institucionales existen para impulsar estas líneas de investigación?

Llevar a la práctica estas prioridades de investigación requiere una organización institucional apropiada y una voluntad suficiente de invertir fondos públicos. Al momento de escribir estas líneas, el país se encuentra viviendo un proceso de cambio político e institucional signado por un esfuerzo de fortalecimiento de las capacidades regulatorias del Estado. Hay, pues, muchas incertidumbres sobre cuál será finalmente la política nacional de investigación científica y la institucionalidad encargada de promoverla y regularla. Puesto que los mecanismos institucionales de promoción de la investigación científica en Galápagos estarán subordinados a los diseños institucionales nacionales, esta propuesta no puede precisar muchos detalles importantes. Nos limitamos tan solo a definir ciertos principios generales que deberían regir el marco institucional de promoción de la investigación científica en Galápagos; y a valorar las opciones de mecanismos existentes.

Principios de funcionamiento institucional

- El principal mecanismo para asegurar que se realicen las investigaciones prioritarias es la creación de incentivos mediante fondos concursables u otros similares. Priorizar no significa excluir investigaciones menos prioritarias, sino que la autoridad pública creará incentivos solamente para esas prioridades.
- La oficina o ente público que en el futuro esté encargada de la administración de la investigación en el archipiélago, podrá establecer prohibiciones o exigir permisos en el caso de aquellas investigaciones potencialmente peligrosas para el medio ambiente o la salud y el bienestar humanos.
- En el caso de las investigaciones que se realicen dentro de las áreas protegidas de Galápagos las autorizaciones se registrarán por los instrumentos normativos vigente (Plan Regional, Plan de Manejo del PNG,...).
- La libertad de investigación, tanto por sus temáticas como por sus enfoques teóricos y por sus preguntas de estudio, es vital para preservar el potencial creativo de las ciencias. Por lo tanto, todo mecanismo de incentivos a la investigación debe considerar un espacio para investigaciones, enfoques y temáticas no previstos, novedosos, imaginativos y no considerados por los planificadores y autoridades públicas.
- Será necesario disponer de un sistema de registro de las investigaciones científicas de manera que las autoridades sepan en todo momento qué se está investigando, sus usos previstos y puedan poner a disposición de la comunidad sus resultados.
- El mecanismo de “ventanilla única” es necesario para evitar la extrema dispersión y superposición de esfuerzos de investigación; es decir, es un mecanismo para la coordinación pero no debe convertirse en un sistema de control burocrático de la investigación científica.
- Para evitar la excesiva burocratización y las trabas a la investigación es necesario que se establezcan plazos para la aprobación de propuestas, pasados los cuales deberá regir el principio del silencio administrativo.

- Toda valoración de proyectos y de resultados de investigación, así como la evaluación de programas y políticas más amplias en el campo de las ciencias, debe hacerse atendiendo a su calidad mediante el sistema de revisión por pares.
- Los mecanismos institucionales de promoción de la investigación deben incluir entre sus criterios de selección, que contribuyan a entrenar estudiantes hombres y mujeres, especialmente galapagueños, mediante el apoyo a estudios de postgrado en temas prioritarios. Asimismo se deben considerar prioritariamente las investigaciones que establezcan vínculos entre investigadores nacionales e internacionales, universidades e instituciones dedicadas a la ciencia y la conservación.

Opciones de mecanismos institucionales para la promoción de la investigación:

A. Fondos concursables

En cualquiera de las previsiones razonables sobre mecanismos de promoción de la investigación, se considera que un sistema basado en un fondo concursable (es decir, donde distintos proyectos compiten en igualdad de condiciones y son evaluados por pares independientes) gestionado de forma descentralizada por una instancia regional (que podría ser definida en la reforma de la Ley Orgánica de Régimen Especial para la Conservación y Desarrollo Sustentable de la Provincia de Galápagos o en las políticas científicas nacionales) es la alternativa más idónea. Estos fondos deberían ser permanentes, para lo cual pueden considerarse mecanismos como fondos fiduciarios alimentados por el sector público, algún impuesto a los turistas, por aportes de donantes nacionales e internacionales, o de fundaciones y organizaciones internacionales.

Entre las opciones institucionales (no excluyentes entre sí) para el manejo de dicho fondo tenemos:

- a) Un fondo público para la investigación administrado por SENACYT, centralizado en Quito (quizá mediante concursos por temáticas o por regiones, pero que se manejan como un fondo único).

- b) Creación de una red de fondos públicos descentralizados por regiones o por temáticas, con presencia y presidencia de SENACYT, SENPLADES o de los organismos regionales de gobierno.
- c) Creación de fondos de investigación concursables administrados por las universidades.
- d) Puesta en marcha del “Fondo Internacional para la Investigación Aplicada al Manejo de Galápagos” contemplado en el Plan de Manejo del Parque Nacional Galápagos.

B. Investigaciones contratadas por el Estado

En lugar de fondos públicos sometidos a concursos de proyectos de investigación, la administración pública puede preferir (o combinar con) un manejo más discrecional de contratos directos para la realización de investigaciones prioritarias.

Entre las opciones para estos contratos tenemos:

- a) Creación de institutos de investigación públicos (de carácter temático, adscritos a ministerios o a universidades) con su propia planta de investigadores o con sistemas de becas para investigadores senior/junior.
- b) Transferencia directa de fondos a instituciones públicas o privadas o a personas para ciertas investigaciones puntuales (consultorías) o para la realización de encuestas, censos, estadísticas y redes de monitoreo (censos poblacionales, redes meteorológicas, geotécnicas, etc.).
- c) Establecimiento de convenios o contratos de colaboración por parte de las instituciones galapagueñas con centros de investigación de excelencia, nacionales o internacionales.

C. Fuentes privadas

Las investigaciones basadas en el aporte de empresas privadas, universidades nacionales o extranjeras y fundaciones son importantes y por lo general implican una transacción entre las prioridades nacionales y las prioridades de las entidades de financiamiento. En la práctica estas fuentes pueden ser complementarias a los fondos públicos o pueden ser (como ha sido lamentablemente el caso hasta ahora) sustitutivas de ellos.

Además, por lo general han dependido de la capacidad de negociación de los interesados y de las redes de contactos para atraerlas, por lo que no siempre han sido abiertas a todos los potencialmente interesados y capacidades para la investigación. Se deberían fortalecer los entes sin fines de lucro destinados a investigar en las líneas prioritarias definidas en este documento, así como mantener y fortalecer las líneas de financiamiento privado para la investigación. Entre estas fuentes están, entre otros:

- a) Fondos bilaterales y multilaterales provenientes de la cooperación internacional.
- b) Fondos de carácter competitivo otorgados por instituciones públicas internacionales para proyectos de investigación científica.
- c) Fondos de universidades nacionales o internacionales.
- d) Fuentes privadas de fondos (ONG, empresas, etc.).

El escenario más probable es una combinación de mecanismos de financiamiento. En la situación actual existe un dominio aplastante de los fondos provenientes de instituciones del extranjero (que en este documento llamamos “privadas”). Es deseable que exista un aporte sustancialmente mayor de parte del Estado ecuatoriano porque sin un importante aporte nacional a la financiación de la investigación, será muy difícil lograr llevar a la práctica las prioridades nacionales. Es deseable también que ese aporte nacional sea canalizado a través de fondos concursables abiertos a propuestas creativas elaboradas por investigadores de todas las ramas de las ciencias.

Conclusiones

Esta propuesta de lineamientos para la política de investigación científica en Galápagos requiere consultas adicionales a las instituciones públicas, privadas y a los actores sociales más interesados en el tema. Muchos de los detalles pueden y deben debatirse con mayor profundidad. Sin embargo, en el proceso de elaboración de la propuesta, hay cuando menos dos grandes cambios subyacentes sobre los que consideramos que existe un consenso generalizado, sobre la base de los cuales debe fundarse una nueva y vigorosa política de investigación para el archipiélago.

El primero es que la investigación científica en Galápagos, variada e importante como ha sido hasta ahora, estuvo fundamentalmente orientada por prioridades y necesidades fijadas a nivel internacional. No queremos ni debemos impedir que las islas sean aprovechadas por la humanidad entera puesto que constituyen un patrimonio de la humanidad. Pero es indispensable que el Ecuador sea capaz de fijar sus prioridades de investigación y crear mecanismos para impulsarlas y concretarlas. Sin un compromiso firme, tanto institucional como técnico y económico, del Estado ecuatoriano, las prioridades nacionales de conocimiento no serán, en la práctica, prioritarias. Eso debe cambiar para poder contar con el mejor conocimiento posible para una toma de decisiones bien informada y técnica.

El segundo es que, aunque Galápagos ha sido una de las regiones más estudiadas del Ecuador y probablemente de América latina, hasta ahora el eje temático y paradigmático fundamental de esos estudios ha sido la biodiversidad y la biología evolutiva, con toda una serie de derivaciones y ramificaciones. En la actualidad, Galápagos sigue siendo un laboratorio natural de la evolución, pero puede convertirse también y principalmente en un laboratorio mundial de la sustentabilidad; una región donde es posible experimentar, estudiar, registrar y eventualmente lograr en la práctica una convivencia más armónica de los seres humanos con ecosistemas frágiles, conservados con altos estándares de integridad y salud. La investigación futura debe orientarse fundamentalmente a lograr este objetivo y ofrecerlo al mundo como un compromiso del Ecuador para las futuras generaciones y un aporte a los dilemas de toda la humanidad.

Agradecimientos

Los autores desean hacer un agradecimiento a todas las personas que contribuyeron con sus opiniones y comentarios a la redacción de este documento, en particular a Eliécer Cruz, Gabriele Gentile, Linda Cayot y Graham Watkins por sus aportes sobre una versión previa del manuscrito. Asimismo, queremos hacer expreso nuestro agradecimiento a todos los que participaron en los talleres realizados en Quito y en Puerto Ayora en septiembre de 2008, en especial a Tania Villegas, Manuel Saenz, Carlos Carrera, Marco Oviedo, Ángel Villa, Lázaro Roque, Mark Gardener, Graham Watkins, Stuart Banks y Christophe Grenier. Finalmente, estamos en deuda con las muchas personas vinculadas a la ciencia y su gestión, que amablemente contestaron a nuestro cuestionario: Alan Tye, Ana Sancho, Birgit Fessl, Carlos Zapata, Hendrik Hoeck, Jack Frazier, James Gibbs, Linda Cayot, Marco Oviedo, Marco Altamirano, Noemí d'Ozouville, Pablo Guerrero, Denis Geist, Desirée Cruz, Frank Bungartz, Graham Edgar, Graham Watkins, Fernando Ortiz, Tui de Roy, Rocío Cedeño, Patricio Sacoto, Sergio Lasso, Robert Smith, Rachel Atkinson, y Patricia Parker.

Ciencia para la sostenibilidad en Galápagos

Este libro constituye el resultado de un proyecto de cooperación interuniversitaria, impulsado por el Parque Nacional Galápagos y financiado por la Agencia Española de Cooperación Internacional para el Desarrollo (AECID), cuyo objetivo final es contribuir al diseño de una estrategia y una agenda de prioridades de investigación científica y tecnológica para la sostenibilidad en el archipiélago de Galápagos.

ISBN 978-9978-92-719-9



9 789978 927199



Ministerio
del Ambiente



Parque Nacional
GALÁPAGOS
Ecuador



UNIVERSIDAD ANDINA
SIMÓN BOLÍVAR
Quito



UNIVERSIDAD
SAN FRANCISCO
DE QUITO



MINISTERIO
DE ASUNTOS EXTERIORES
Y DE COOPERACIÓN

